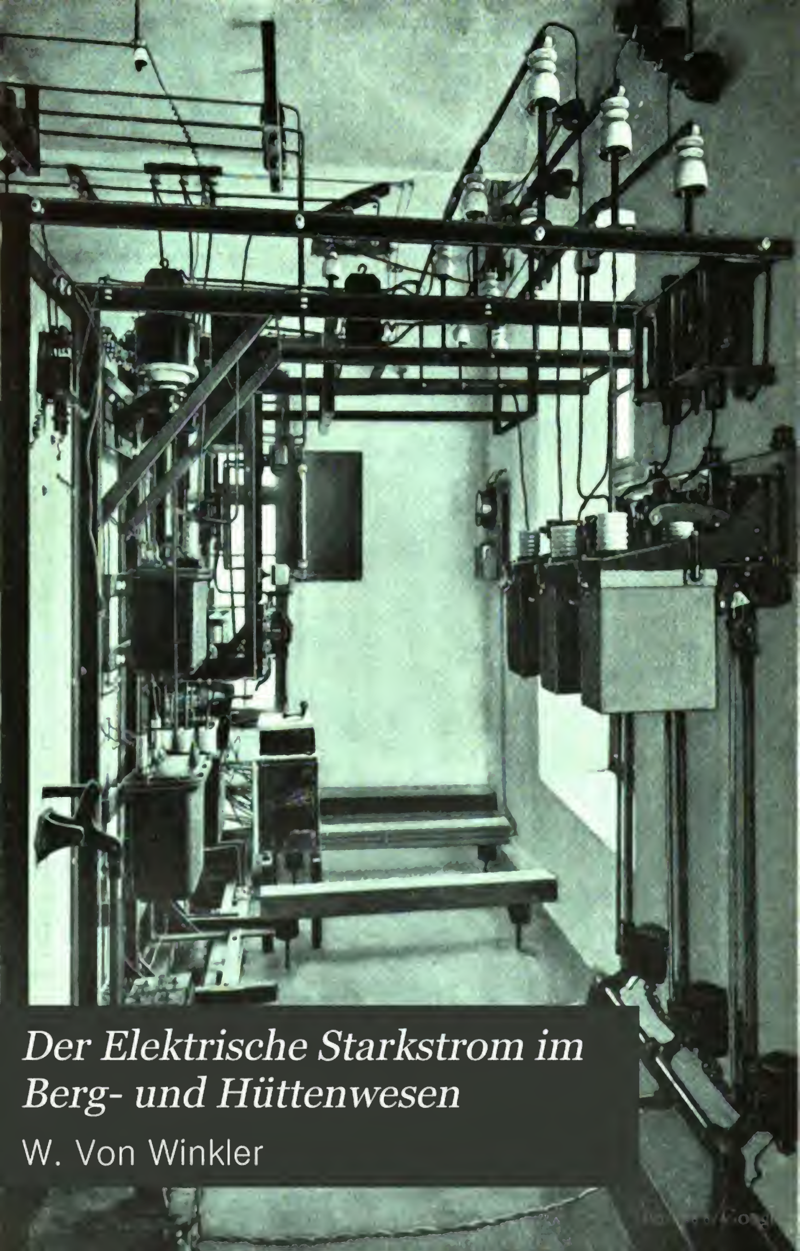
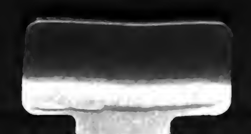
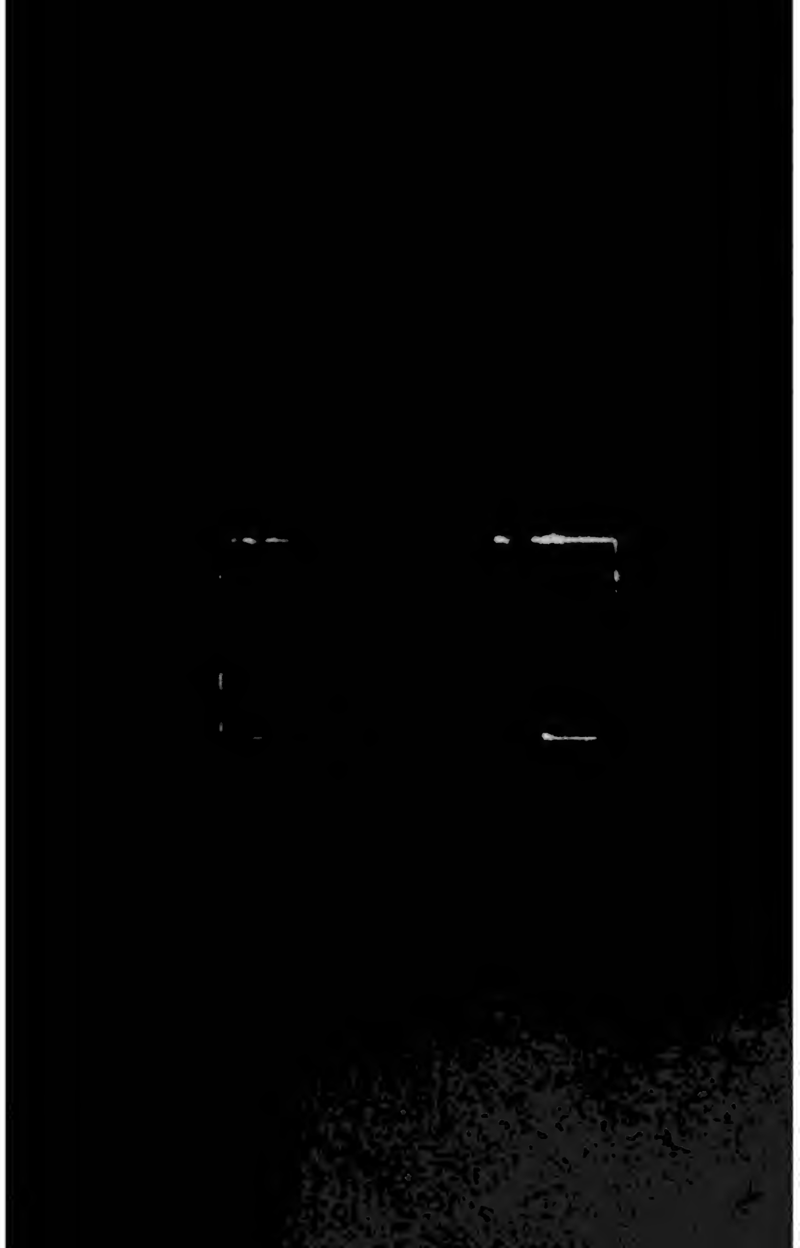

Der Elektrische Starkstrom im Berg- und Hüttenwesen
W. Von Winkler







DER

ELEKTRISCHE STARKSTROM

IM BERG- UND HÜTTENWESEN.

DER

ELEKTRISCHE STARKSTROM

IM

BERG- UND HÜTTENWESEN

VON

W. VON WINKLER

INGENIEUR,

DIREKTOR DES STÄDTISCHEN ELEKTRIZITÄTSWERKES IN KLAGENFURT.

MIT 424 ABBILDUNGEN UND 2 TAFELN.



STUTTGART.

VERLAG VON FERDINAND ENKE.

1905.

Druck der Hoffmannschen Buchdruckerei in Stuttgart.

Vorwort.

Für das vorliegende Buch werden entsprechende Kenntnisse der Grundlehren der Elektrotechnik, sowie der Betriebsverhältnisse im Berg- und Hüttenwesen vorausgesetzt. Es bezweckt, den heutigen Stand der innigen Beziehungen der Elektrotechnik mit dem Berg- und Hüttenwesen an der Hand guter ausgeführter Apparate und Anlagen darzustellen.

Das Buch soll hierdurch einerseits dem Berg- und Hüttenmann die Kenntnis von der hervorragenden Anwendbarkeit der Elektrotechnik auf Probleme der genannten Fachgebiete vermitteln; es soll aber auch andererseits dem Elektrotechniker Aufschluss geben über die Aufgaben des Berg- und Hüttenwesens, welche mit Hilfe seiner engeren Wissenschaft gelöst werden können, und über die Wege, welche die heutige Praxis hiezu einschlägt.

Ich hoffe diesem Ziele nahe gekommen zu sein, umsomehr, als ich in meiner Arbeit von vielen Firmen ersten Ranges durch Ueberlassung von Abbildungen auf das Beste unterstützt worden bin.

Allen diesen Firmen, deren mustergültige Ausführungen dem Buch seinen hauptsächlichen Wert verleihen, sowie jenen Freunden und Kollegen, welche mir ihre schätzenswerten Ratschläge angedeihen liessen, möge an dieser Stelle für ihr Entgegenkommen der verbindlichste Dank ausgesprochen sein.

Klagenfurt, im Februar 1905.

W. v. Winkler.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Erzeugungsstätten des elektrischen Stromes.

1. Allgemeines.

Jede elektrische Starkstromanlage besteht im Prinzip aus drei Teilen, nämlich:

1. der Stätte und den Mitteln zur Erzeugung des Stromes,
2. den Mitteln zur Fortleitung des Stromes und
3. den Vorrichtungen zur Aufnahme und nutzbaren Verwertung des Stromes.

In den Stromerzeugungsstätten wird mechanische Energie mittels der Stromerzenger in elektrische Energie verwandelt und in einer geeigneten Form des elektrischen Stromes durch die Schaltanlage an die Leitungen zur Ueberführung an die Stromverbrauchsapparate weitergegeben. Auch kann an diesen Stätten, die die Namen „Elektrizitätswerk", „Zentrale" führen, eine Aufspeicherung des Stromes stattfinden. Bei grösseren, räumlich ausgedehnteren Anlagen, kommen auch „Unterstationen" vor, in denen der Strom umgewandelt, transformiert, eventuell auch aufgespeichert wird.

Schon eine oberflächliche Betrachtung lässt erkennen, dass Anlage und Betrieb eines Elektrizitätswerkes, abgesehen von der rein maschinentechnischen Seite, ganz andere sind, als jene aller anderen Werke. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Erzeugung des elektrischen Stromes eine äusserst weitgehende Zentralisation des Betriebes mit sich bringt, bei welcher dennoch allen Anforderungen der sehr dezentralisiert arbeitenden Verbrauchsstellen Rechnung getragen werden muss. Man denke z. B. an den bisher so hervorragend dezentralisiert gewesenen Betrieb von Walzenstrecken, Pumpen, Förderungen u. dgl., welcher vor Einführung des elektrischen Betriebes ausnahmslos von ganz den bestimmten Zwecken gewidmeten Einzelmaschinen besorgt wurde, welche den speziellen Anforderungen entsprechend gebaut und angeordnet waren. Bei rationeller

Ausnützung eines hierfür bestimmten Elektrizitätswerkes tritt nun zu den individuellen Anforderungen der einzelnen Arbeitsmaschinen, bezw. der etwa gleichzeitig zu leistenden Beleuchtung, als Wesentliches auch noch die Rücksicht auf einheitliche Stromerzeugung hinzu. Diese beeinflusst das Bild des Betriebes aus dem Grunde in hohem Masse, weil die Stromerzeugung mit den Schwankungen im Bedarf gleichen Schritt halten muss, ohne dass diese Schwankungen einen störenden Einfluss auf die Verbrauchspannung haben dürften.

Die Eigenschaften der elektrischen Verbrauchsstellen erfordern eine hohe Gleichmässigkeit der erzeugten Spannung, aber auch gleichzeitig ein hervorragendes Anpassungsvermögen der Stromquellen und Betriebsmaschinen an die jeweilig geforderte Arbeitsleistung. Es ist daher auch oft ziemlich schwierig, eine richtige, allen Anforderungen entsprechende Anordnung zu treffen, und man kommt über diese Schwierigkeit nur dadurch hinaus, dass man sich vorher vollständige Klarheit verschafft über den zu erwartenden Verbrauch, sowohl was seine Grösse, als was seine zeitliche Verteilung nach Jahres- und Tageszeit anlangt.

Dies geschieht am besten durch Verzeichnung von Stromverbrauchs-Diagrammen.

2. Stromverbrauchs-Diagramm.

Für Lichtwerke kann man nach den an anderen Orten gemachten Erfahrungen ein voraussichtliches Diagramm wählen, welches die Stunden des Tages als Abszissen, den Verbrauch in Pferdestärken oder in Kilowatt, oder bei konstanter Spannung in Ampère, als Ordinaten enthält. Für Kraftwerke trägt man die zu erwartende Verbrauchsleistung ohne Rücksicht auf etwaige kurze Pausen in analoger Weise in ein Diagramm ein, hat aber hierbei die Wirkungen des Ein- und Ausschaltens der Maschinen zu berücksichtigen.

Solche Diagramme geben den Arbeits- bezw. Stromverbrauch an den Verbrauchsstellen selbst. Um den entsprechenden Verbrauch an der Erzeugungsstelle des Stromes zu finden, hat man noch die Arbeitsverluste zwischen Verbrauchs- und Erzeugungsstelle dadurch in Berücksichtigung zu ziehen, dass man dieselben als Zuschläge zu den Ordinaten aufträgt. Wenn es sich um grössere Genauigkeit handelt, berücksichtigt man auch den Umstand, dass das Güteverhältnis der einzelnen Bestandteile der Anlage mit ihrer Beanspruchung veränderlich ist. Hierzu kann man sich mit Vorteil Hilfsdiagramme anlegen, welche sämtlich derart konstruiert sind, dass die dem betreffenden Bestandteil der Anlage zugeführte Leistung in Prozenten der normalen als Abszissen, die entsprechende abgegebene Leistung, ebenfalls in Prozenten der

normalen als Ordinaten aufgetragen wurden. Solche Diagramme sind in den Figuren 1—4 für Dampfmaschine, Gleichstromdynamo, Leitung und Transformator gegeben.

Hat man ganz bestimmte Maschinen im Auge, so kann man statt der Prozente der Leistungen diese selbst auftragen, wodurch sich die Behandlung aus dem Grunde vereinfacht, weil die Angaben nicht erst auf das Güteverhältnis bei normaler Leistung zurückzuführen, sondern sofort aus dem Diagramm abzunehmen sind.

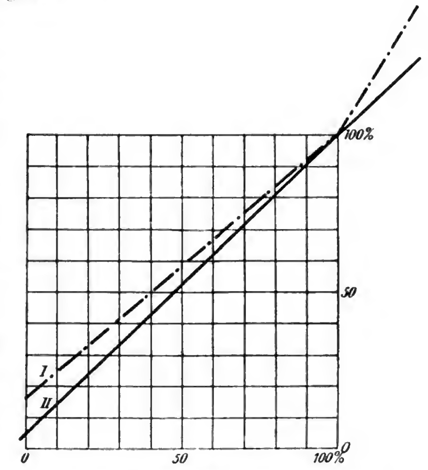


Fig. 1. Diagramm für zweicylindrige Kompoundmaschinen.

Wenn nun ein solches Arbeits- bez. Stromdiagramm für den Tag des stärksten Verbrauches konstruiert ist, so verfasst man in analoger Weise noch weitere Diagramme für je einen Tag der übrigen Monate. Dabei kann man für Licht mit Vorteil die folgenden Angaben über das Verhältnis der jeweiligen Arbeit zum Maximum und über den Anteil jedes Monats an dem gesamten Jahresverbrauch benützen:

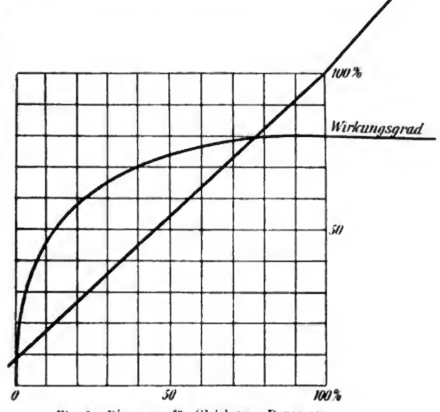


Fig. 2. Diagramm für Gleichstrom-Dynamos.

Monat	Prozente der grössten Tagesarbeit P.-S.	Mittlere tägliche Benützung der ganzen Leistung in Stunden	Prozente des gesamten Jahresverbrauches Pf. Std. %
Januar	90	7.0	12.8
Februar	80	5.5	10.1
März	60	4.5	8.3
April	50	3.5	6.0
Mai	40	2.5	4.6
Juni	20	2.1	3.8
Juli	17	2.0	3.7
August	40	3.0	4.9
September	60	4.0	7.3
Oktober	75	5.7	10.4
November	90	7.4	13.5
Dezember	100	8.0	14.6

Zur Erläuterung dieser Tabelle diene folgendes: Wenn die grösste Tagesarbeit, die naturgemäss unter normalen Verhältnissen im Dezember eintritt, bekannt ist, so ist dieselbe als 100 zu setzen und die Zahlen der ersten Vertikalreihe geben die diesem Maximum entsprechenden Tagesmaxima im Durchschnitt für die Tage der einzelnen Monate. Wenn man sich nun vorstellt, dass die ganze an einem Tage geforderte Leistung mit der maximalen Arbeit des stärksten Tages gleichmässig geleistet würde, so erhält man in der zweiten Vertikalreihe die Stundenzahl, während welcher die maximale Leistungsfähigkeit einer Anlage an den Tagen der betreffenden Monate ausgenützt wird. Von der Gesamtleistung des ganzen Jahres in Pferdestärkenstunden entfallen auf jeden Monat die in der dritten Reihe angegebenen Prozente.

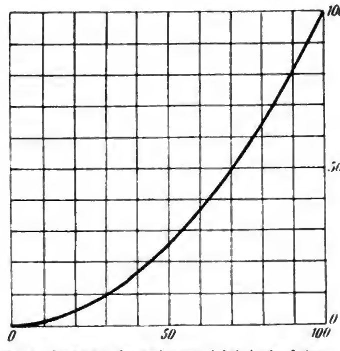


Fig. 3. Diagramm der verlorenen Arbeit in der Leitung.

Für öffentliche Beleuchtung wird das Arbeitserfordernis nach einem Brennkalender festgesetzt.

Die so erhaltenen Diagramme sind nun geeignet, ein Bild über die wahrscheinlichen Betriebs- und Verbrauchsverhältnisse zu geben und

Anhaltspunkte über die Rentabilität gewinnen zu lassen. Dieselben sind für den Fall, als aus irgend einem Grunde eine Wahl zwischen Gleichstrom, Wechselstrom bezw. Drehstrom nicht zu treffen ist, unmittelbar weiter verwendbar. Man kann aber auch in die Lage kommen, die Zweckmässigkeit der verschiedenen Stromarten zu vergleichen, und dann handelt es sich um die Bestimmung der Grösse des Akkumulators und um die Wahl einer rationellen Betriebszeit für Gleichstrom, welche bei allen Wechselstromsystemen eine kontinuierliche sein muss.

Die Diagramme müssen sich naturgemäss auf jene Leistung und Arbeit stützen, welche tatsächlich gefordert werden kann, und es sind daher auch die entsprechenden Zuschläge für unerwartete Vorkommnisse zu machen, wenn man in umsichtiger Weise ein durchaus entsprechendes Werk entwerfen will. Zu solchen Vorkommnissen gehören Festlichkeiten, Illuminationen, Feuersbrunst, dringende Reparaturen und Instandhaltungsarbeiten, Gefahren usw. Andererseits müssen aber auch nicht immer die gesamten e i n g e r i c h t e t e n Lampen zur Berechnung herangezogen werden, insbesondere nicht zur Berechnung der Leitungen und der Rentabilität. Wenn man nicht ausdrücklich das Gegenteil voraussetzen muss, ist man ohne weiteres berechtigt, bei einer gegebenen Zahl eingerichteter Lampen nur einen gewissen Prozentsatz als g l e i c h z e i t i g b e n ü t z t anzunehmen. Dieser Prozentsatz richtet sich teils nach der Wohlhabenheit des Ortes, für den die Zentrale zu projektieren ist, oder nach den speziellen Bedürfnissen eines grösseren Etablissements, welches seine eigene Zentrale erhalten soll; auch Gewohnheiten der Bewohner, Zeiten des Abganges und der Ankunft von Eisenbahnzügen und Dampfschiffen, Arbeitsschichtenwechsel, Verladung von Massengütern können hier von Einfluss sein.

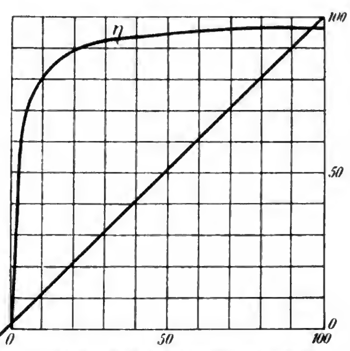


Fig. 4. Diagramm für Wechselstrom-Transformatoren.

In der Regel ist der Dezember jener Monat, in welchem das Maximum der Arbeit erreicht wird.

Wenn man nun auch die Diagramme für die anderen Monate zeichnet, so kann man einen Schluss darauf ziehen, wie weit man mit

Vorteil in der Teilung der Maschinenarbeit, bezw. in der Wahl der Aggregate gehen soll, und wie sich die Betriebszeit oder die Zahl der gleichzeitig arbeitenden Maschinen einteilen lässt, damit man immer möglichst mit voll ausgenützten Maschinen arbeitet, die dann das grösste Güteverhältnis aufweisen.

Die Diagramme belehren noch, wie bereits erwähnt, über die Erscheinungen bei den verschiedenen Stromsystemen.

Wenn es sich z. B. um einen Vergleich von Transformatoren und Akkumulatoren, bezw. von Betrieb mit Wechselstrom oder Gleichstrom handelt, so findet man, dass den sog. kontinuierlichen Verlusten im Transformator keine zu grosse Bedeutung beigemessen werden darf: je grösser das Elektrizitätswerk ist, desto mehr werden die Transformatoren auch zu Zeiten geringeren Strombedarfes beansprucht, desto geringer sind also auch bei kontinuierlich eingeschalteten Transformatoren die kontinuierlichen Verluste im Verhältnis zur Nutzleistung. Je grösser und ausgedehnter aber ein Elektrizitätswerk ist, desto weniger kommen die Fragen der Bedienungsmannschaft zur Geltung, desto mehr dagegen die Anschaffungskosten der Akkumulatoren, die Bedienung und Füllung, sowie die Erneuerung. Und wenn man bedenkt, dass die Akkumulatoren zwar bei rationeller Ausnützung der Betriebszeit (wozu freilich besondere Schaltungen erforderlich sind) die Wahl kleinerer Maschinen gestatten, so machen sie diesen Vorteil auch manchmal wett dadurch, dass aller ihnen entnommener Strom mit einem Güteverhältnis von höchstens 75 %, also mit Verlusten von mindestens 30 % der Stromabgabe, an sie geliefert werden muss. Man sieht heute zumeist den Wert eines Akkumulators darin, dass derselbe gestattet, die Betriebszeit zu verkürzen, was bei kleineren Zentralen wegen der Ersparnis des doppelten Personals eine Lebensfrage sein kann, und dass seine Ausgleichswirkung besonders bei kleineren Anlagen sehr wertvoll ist.

Bei den Eigenschaften der Akkumulatoren und bei dem Umstand, dass man gerne in jedem Bestandteil einer Zentralstation eine gewisse augenblickliche Betriebsreserve und eine Reserve für Vermehrung des Verbrauches besitzen will, wird nun niemand Praktischem einfallen, die oben erwähnte Grössenbestimmung auf einem langwierigen und pedantischen Näherungsweg ausserordentlich genau zu ermitteln. Es sind ja alle anderen Angaben gleichfalls mehr oder minder nur wahrscheinliche und voraussichtliche, und man hat es stets in der Hand, die Betriebszeit etwas zu ändern. Auch muss die Bemessung des Akkumulators und der Maschinen für den Fall des grössten Bedarfes von Strom gemacht werden, wo noch immer die Aushilfe bleibt, für die wenigen Tage im Jahr, wo dies eintritt, die Maschinen stärker auszunützen, bezw. länger laufen zu lassen.

Man wird daher einfach folgenden Weg einschlagen:

Man bildet durch Addition der 24 zu den einzelnen Stunden gehörigen mittleren Ordinaten der Pferdestärken die Summe der Pferdestärkenstunden für den Tag des grössten Verbrauches. Darauf wählt man mit Rücksicht auf die Möglichkeit, mit einer Abteilung Betriebsmannschaft auszukommen, sowie auch nach etwaigen Vorschriften der Gewerbebehörden die zulässige Maschinenbetriebsdauer, und zwar etwas kürzer als im Maximum tunlich ist, und dividiert die oben erhaltenen Pferdestärken-Stunden durch die Betriebszeit. Dadurch erhält man die Ordinate der erforderlichen Maschinenleistung, welche gleichmässig während der ganzen Betriebszeit geleistet werden muss. Jener Teil des Diagramms, welcher oberhalb der dieser Ordinate entsprechenden Horizontalen liegt, ist die von den Akkumulatoren abzugebende Arbeit. Hieran ist noch eine Korrektur in dem Sinne vorzunehmen, dass einerseits der oben erwähnte 30%ige Mehrbedarf an Ladearbeit, anderseits eventuelle Ladeverluste durch Teilung der Batterie und Laden in parallelen Reihen in Rechnung gezogen und die diesen Grössen entsprechende, auf die Betriebsdauer reduzierte Arbeit als Vergrösserung der früher gewonnenen Ordinate aufgetragen wird.

Meist kommt auch noch ein Umstand in Betracht, welcher bis heute noch vielfach unterschätzt wurde. Es richtet sich nämlich das Verhältnis der gleichzeitig beanspruchten grössten Strommenge zu derjenigen, welche gebraucht würde, wenn alle Verbrauchsstellen eingeschaltet wären, oder, wie man sagt, der „Ausnützungskoeffizient“ der Anlage auch nach der Art der Berechnung des Stromes an die Konsumenten. Bei kleineren Werken stehen meist die Verzinsungs- und Amortisationskosten der Elektrizitätszähler nicht im Verhältnis zu den überhaupt zulässigen Stromkosten; daher greift man in diesem Falle zur Pauschalierung des Strompreises, welche bei Wasserkraft ohne weiteres zulässig, bei Dampfkraft aber nur mit grösster Vorsicht anzuwenden ist, weil man sich fast gar nicht gegen Missbräuche schützen kann.

Bei einer solchen Pauschalierung nun ist einerseits der Ausnutzungskoeffizient viel höher, als bei Berechnung des Stromes nach Zählern, weil viele Leute dann alle ihre angeschlossenen Lampen gleichzeitig benützen; es ist aber auch die mittlere Brenndauer der Lampen eine höhere, weil niemand die Kosten der heute ohnehin schon enorm billigen Lampen beachtet, sondern dieselben viel länger brennen lässt, als dies der Fall wäre, wenn er jedes verbrauchte Watt zu bezahlen hätte. Hierdurch werden die Stromerzeugungskosten sehr vergrössert, die Rentabilität sehr beeinträchtigt. Dies macht sich insbesondere bei Dampfbetrieb geltend, weil hier jede abgegebene Hektowattstunde

Kohlen verbraucht. Es kann daher bei solchen Werken die schlagwortartig propagierte Abgabe von Tagesstrom für Motoren geradezu schädlich sein, während sie bei Wasserbetrieb meist sehr vorteilhaft ist.

Bei kleinen Werken und Pauschalierung sind etwa 90 % als Ausnützungskoeffizient zu rechnen. Bei Zählern sinkt derselbe auf 70 bis 80 % und bei grösseren Werken auf 50 %.

Man kann auf analogem Wege auch ermitteln, welche Zahl von Lampen man an ein Elektrizitätswerk anschliessen darf, wenn dessen Stärke gegeben ist, nur ist hierbei, sowie bei den obigen Berechnungen erforderlich, das gesamte durchschnittliche Güteverhältnis der Anlage, d. h. das Verhältnis der nutzbar abgegebenen elektrischen Energie zu der von den Generatoren aufgenommenen effektiven mechanischen Energie nicht höher als 75 % zu veranschlagen.

In ganz ähnlicher Weise kann man Umformestationen für Drehstrom auf Gleichstrom oder Akkumulatoren-Unterstationen berechnen, wie dies z. B. vorkommt, wenn in einem Objekt zeitweilig ein bedeutender und schwankender Konsum auftritt. Würde man hier die Leitungen für den grössten Bedarf einrichten, so würden dieselben sehr teuer werden, ohne eine entsprechende Ausnutzung zu erfahren; auch würden alle Maschinen und die übrigen Leitungen durch das Auftreten von Spannungsschwankungen sehr in Mitleidenschaft gezogen werden, was man durch solche Unterstationen mit Akkumulatorenbetrieb leicht und rationell vermeiden kann.

Grösseren Motorenbetrieb und Bahnbetrieb mit dem Lichtbetrieb an den gleichen Dynamos zu vereinigen, ist nicht rätlich.

Die besprochene Methode in der Behandlung derjenigen Fragen, welche auf die jeweilige Beanspruchung eines Elektrizitätswerkes Bezug haben, lässt endlich auch noch einen Schluss zu auf die Vergrösserungsfähigkeit durch Aufspeichern der primären Kraft, falls leztere eine Naturkraft (Wasserkraft) ist. Bei bestimmter Grösse der Maschinen, die dem Maximalbedarf entsprechen muss, läuft während der längsten Zeit das meiste Wasser unbenutzt ab. Man kann dasselbe daher aufspeichern und dadurch je nach der Dauer des Maximalbetriebes eine mehr oder minder ausgiebige Erhöhung der Maximalleistung erzielen. Es kann unter Umständen sogar ökonomisch sein, das in den hydraulischen Motoren bereits einmal wirksam gewesene Unterwasser zur Zeit des geringen Bedarfes wieder auf die Höhe des Oberwassers zu pumpen, um es in geeigneter Zeit wieder arbeiten zu lassen. Hierbei ist natürlich der erzielbare Wert der Pferdekraftstunde massgebend, dem allerdings keine nennenswerten Betriebskosten, wohl aber die Investitionskosten des elektrisch betriebenen Pumpwerkes und des Sammelbeckens, bezw. deren Zinsen, gegenüberstehen.

Bei Projektierung ist der Kraftbedarf von Arbeitsmaschinen stets grösser als jener anzunehmen, welcher von der Spezialfabrik für die einzelnen Maschinen angegeben wird.

Ueber die Annahme der maximalen gleichzeitigen Benutzung kann nur eine genaue Betrachtung der zu erwartenden, bezw. vorliegenden Betriebsverhältnisse Aufschluss geben, und man steht hierbei oft noch mehr vor Abnormitäten, als bei Projektierung der Lichtmenge, bezw. der Lichtbenützung vorkommen.

3. Ort des Werkes.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die ökonomischen Spannungsverluste in den Leitungen zwischen sehr geringen Grenzen schwanken, derart, dass man unter Zugrundelegung eines maximalen Verlustes von 6—10 % in den Leitungen ohne weiteres alle vorhin erwähnten Rechnungen anstellen kann, ohne vorläufig über das System der Stromerzeugung und die Lage des Werkes schlüssig zu sein. Diese letztere beeinflusst naturgemäss das erstere, und es ist dies umsomehr zu beachten, als bei der Ortsfrage auch noch so viele andere Momente zur Geltung kommen, denen sich die elektrotechnischen Momente oft fügen müssen; die letzteren besitzen glücklicherweise hierzu auch eine hervorragende Eignung.

Es ist selbstverständlich, dass man bei der Wahl des Ortes eines Elektrizitätswerkes die Lage einer vorhandenen Kraft (Wasserkraft, Abgase aus Oefen u. dergl.) berücksichtigen wird. Aber nicht immer bietet eine solche Kraftquelle, vom rein technischen und ökonomischen Standpunkte die Möglichkeit, das Elektrizitätswerk in der rationellsten Weise anzulegen. Es sei hierbei nur an die Schwankungen im Betriebswasser, teure Wasser- und Uferschutzbauten gegen Hochwasser, Vereisung, Laubrinnen u.s.w. erinnert, welche Umstände eine sonst vorzügliche Wasserkraft für gewisse Zeiten unbrauchbar machen können.

Wenn es sich also um eine Beurteilung mehrerer Kraftstationen und um einen kritischen Vergleich handelt, welcher Art der Betrieb sein soll, um für die im übrigen gegebenen Verhältnisse das rationellste Werk zu liefern, kann man sich an folgende Grundsätze halten:

Allgemein für alle Werke hat Rücksicht zu finden:

a) die Zugänglichkeit und Zufuhrmöglichkeit bei jeder Witterung;

b) die Nähe am Konsumschwerpunkt, bezw. die günstigste Lage zu mehreren Konsumschwerpunkten;

c) die Zugänglichkeit der Leitungen und die Vermeidung von Kreuzungen von Eisenbahnen, Staatstelegraphen, Feuerwehrtelephonanlagen u. s. w.;

d) die Erwerbung des Grundstückes und die Besitzverhältnisse jener Grundstücke, über welche die Leitungen zu führen sind.

Speziell bei Wasserkraftanlagen ist noch zu berücksichtigen:

1. Die Zugänglickeit bei Schneefall und Wasserkatastrophen.

2. Die ausreichende Grösse der Wasserkraft bei den ungünstigsten Verhältnissen, somit die Rücksicht auf Hoch- und Niederwasser, Geschiebe, plötzliche atmosphärische Wässer, Vereisung, Unreinheiten des Wassers, Flössen und Schiffahrt, Bewässerung.

3. Rechte der wasserberechtigten Anrainer und die damit verbundenen Servitute, bezw. Rechte und Pflichten des Wasserstaues.

Bei Dampfanlagen kommen in Frage:

1. Die Zufuhr der Kohle und Wegförderung der Asche.

2. Das Speise- und Kondensationswasser hinsichtlich Menge und Güte.

3. Betriebsrücksichten auf die Anrainer, Windrichtung wegen Rauchbelästigung, Lärm, Erschütterungen.

4. Solider Baugrund für Gebäude und Schornstein, sowie Preise der Grundstücke.

4. Kosten.

Was die Kosten anlangt, so ist folgendes zu beachten:

Die Grundstückskosten sind bei Dampfanlagen, welche man in die Nähe der Orte oder des Bahnhofs verlegt, meist höher, als bei Wasserkraftanlagen, welche oft weiter entfernt und an sonst nicht sehr brauchbaren Stellen liegen.

Der Wasserbau ist mitunter wegen der mit denselben verbundenen Schutzbauten sehr kostspielig, besonders bei der Ausnützung von Wasserkräften an grösseren Flüssen bei geringerem Gefälle.

Die Kosten des Hochbaues, bei welchem ein solides Bauplanum vorausgesetzt wird, sind meist bei Wasserkraftanlagen geringer als bei Dampf, weil das Baumaterial meist unmittelbar am Ort gewonnen wird und die Räume für Kessel, Wasserreinigung und Kohle, sowie der Schornstein entfallen.

Bezüglich der Preise halten sich, besondere Ausnahmen bei hohen Gefällen der Wasserkraft zugunsten der letzteren vorbehalten, die Antriebsmaschinen meist die Wage, dagegen kommt bei Dampfanlagen noch die Kesselanlage, Wasserreinigung, Einmauerung und die Rohrleitungen, eventuell noch die Kondensation in Frage.

Im elektrischen Teil stellt sich die Sache wie folgt:

Gleichstrommaschinen sind in der Regel billiger, wie gleichstarke Drehstromdynamos mit Erregermaschinen. Da jedoch diese Unterschiede nur in den kleinsten Typen bedeutender sind, so kann man im Mittel

die Preisdifferenz zu 10—12 % zu ungunsten des Drehstroms annehmen. Das Netz wird bei Wechselstrom durch die Transformatoren und die besser isolierten Leitungen verteuert, bleibt aber immer noch billiger, als das im Kupfer viel stärker zu bemessende Netz bei Gleichstrom. Akkumulatoren verschieben die Anlagekosten der elektrischen Teile zu ungunsten des Gleichstroms; die Apparate sind bei Hochspannungswechsel- und Drehstrom teurer als bei Gleichstrom.

5. Stromsystem.

Nach Fesstellung des Ortes und nach Ermittelung der Grösse des Werkes kann man daran gehen, das Stromsystem zu suchen, welches für den vorliegenden Fall am zweckmässigsten ist, und das Verteilungssystem zu bestimmen, welches als das günstigste erscheint.

Gleichstrom ist verwendbar für Licht, Motoren, Traktion, Elektrolyse. Spannungen sind früher bis 5000 Volt versucht worden, haben sich aber praktisch nur bis etwa 1500 Volt bewährt. Spannungen für Bahnen 550—770 Volt. Niedrige Spannung bedingt dicke Leitungen, daher geringe Ausdehnung des Stromversorgungsgebiets. Gleichstrom gestattet Aufspeicherung.

Wechselstrom (einphasig) eignet sich für Licht und teilweise auch für Kraft. Spannungen bis 20000 Volt. Direkte Traktion ist lange Zeit als unmöglich betrachtet worden, scheint aber in der letzten Zeit zur Befriedigung gelöst zu sein. Elektrolyse nur mit bewegten Umformern möglich, aber nicht sehr rationell. Für Schweissuug vorteilhaft.

Er kommt meist in hoher Spannung zur Verwendung, daher werden die Leitungen für dieselbe übertragene Arbeit dünner als bei Gleichstrom. Direkte Aufspeicherung ist unmöglich, aber Transformation in niedrigere Spannung, wodurch die hohe Spannung von der Verbrauchsstelle ferngehalten und aus dem Bereich des Publikums und Personales entrückt wird.

Mehrphasenstrom eignet sich für alle Bedürfnisse, ausgenommen direkte Elektrolyse und Akkumulierung. Motoren können sehr gut betrieben werden, ebenso Traktion. Die Leitungen werden dünn, wegen der hohen Spannung. Die Umformung ist wie bei Einphasenstrom sehr einfach.

Die Vorteile und Nachteile von Gleich- und Wechselstrom im industriellen Betriebe sind folgende:

Bei geringeren Spannungen ist die Erzeugung von Gleichstrom und Wechselstrom gleich einfach; bei ersterem ist aber die Stromabnahmevorrichtung am Generator umständlicher und gibt zu Funkenbildung Anlass.

Bei höheren Spannungen ist der Wechselstrom weitaus leichter zu erzeugen.

Die Unmöglichkeit, die Teile des Kollektors genügend zu isolieren, hindert die Erzeugung von Gleichstrom mit hoher Spannung, welche Rücksicht bei Wechselstrom entfällt.

Bezüglich der direkten Aufspeicherung des Stromes kann nur Gleichstrom in Betracht kommen, weil die heutigen Aufspeicherungsmethoden auf den chemischen Wirkungen des Stromes beruhen, welche nur bei Gleichstrom zur Geltung kommen können.

Dagegen steht wieder bezüglich der Umwandlung von hoher auf niedriger Spannung und umgekehrt der Wechselstrom einzig da, weil er gestattet, dass die verschiedenartigsten Umwandlungen in ruhenden Apparaten bewirkt werden.

Die Leichtigkeit dieser Spannungsumwandlung begründet den Vorzug, den der Wechselstrom bezüglich der Fortleitung auf grosse Entfernungen besitzt. Man kann eine gewisse Arbeitsmenge bei hoher Spannung mit sehr geringem Kupferquerschnitt übertragen und dann die Spannung nach Bedarf herabsetzen. Ohne diese wunderbare Eigenschaft des Wechselstromes wären die wichtigsten modernen elektrischen Anlagen überhaupt gänzlich undenkbar.

Die Isolierung des Hochspannungs-Wechselstroms ist heute als überwundene Frage zu betrachten. Nur statische Entladungen geben Schwierigkeiten betreffs der Erhaltung einer guten Isolierung.

Was nun die Verwendung der beiden Ströme anlangt, so eignen sie sich beide gleich gut für Glühlichterzeugung; Bogenlicht aber ist bei Gleichstrom heller und ruhiger für den gleichen Arbeitsaufwand.

Für motorische Zwecke hat Gleichstrom bedeutende Vorteile, da man für ihn Motoren konstruieren kann, welche auch bei Ueberlastung anlaufen und trotz der Ueberlastung weiterlaufen, während bei einfachem Wechselstrom der Motor sofort stehen bleibt, wenn er soweit überlastet wird, dass er seine nach den Phasen und Polen genau vorgeschriebene Tourenzahl nicht einhalten kann. Erst die neueste Zeit hat diesbezüglich Konstruktionen gebracht, welche voraussehen lassen, dass dieser Nachteil des Wechselstroms überwunden werden wird.

Der Mehrphasenstrom macht in dieser Hinsicht eine Ausnahme.

Um kurz die Verwendbarkeit und Vorteile der einzelnen, als bekannt vorausgesetzten Dynamoschaltungen zu berühren, möge folgendes dienen, was später das Verständnis mancher Konstruktionen und Anwendungen erleichtern wird:

Die Hauptstromdynamo für Gleichstrom ist dann am Platze, wenn es sich darum handelt, eine grössere Einzelverbrauchsstelle oder mehrere hintereinander geschaltete Stromabnahmestellen zu betreiben.

Man geht hierbei bis 40 Bogenlampen à 50 Volt, also bis 2000 Volt, in neuerer Zeit versuchsweise auch höher, und kann daher eine verhältnismässig billige Leitung bekommen, weil in derselben nur geringer Strom fliesst.

Bei Kurzschluss, resp. Verminderung des äusseren Widerstandes, steigt der Strom der Maschine und kann dieselbe daher in Gefahr bringen, zu verbrennen.

Die Hauptstrommaschine ist für Anlagen mit veränderlichem Strombedarf nur beschränkt brauchbar.

Zur Ladung von Akkumulatoren eignet sich diese Maschine, wenn gegen die Stromumkehr Vorsorge getroffen wird, und wenn die Betriebsmaschine ihre Tourenzahl nach dem Bedarf an Spannung selbst regulieren kann, d. h. keinen Geschwindigkeitsregulator besitzt.

Soll in einem Leitungsnetz die Spannung konstant erhalten werden, um in der Benützung der Lampen freieren Spielraum zu haben, so ist hierfür die Nebenschlussmaschine geeignet.

Bei Kurzschluss der Leitung verliert die Maschine ihren Strom, d. h. sie wird durch einen Kurzschluss in der Leitung nicht unmittelbar gefährdet.

Zur Regulierung genügt die Einschaltung eines dünndrähtigen Rheostates in die Nebenschlusswindungen, wodurch die Spannung konstant erhalten werden kann, ohne Rücksicht darauf, welche Stromstärke der Maschine entnommen wird.

Dagegen leidet die Nebenschlussmaschine sehr bei plötzlicher Unterbrechung des Magnetstromkreises; in diesem Falle tritt heftig die Erscheinung der Selbstinduktion in den Ankerdrähten auf, welche einen sog. Extrastrom von hoher Spannung zur Folge hat und die Wickelungen gefährdet.

Die Veränderlichkeit der Spannung zum Zwecke der Ladung von Akkumulatoren ist mit dem Rheostat leicht erreichbar. Ein Rückstrom ist hierbei wenig von Belang, weil er höchstens die Maschine als Motor treibt, sie aber nicht umpolen kann.

Die Compoundmaschine arbeitet leidlich auf ganz konstante Spannung, braucht nur wenig Nachregulierung, leidet aber an den Fehlern beider früheren Systeme und eignet sich nur mit den für Hauptstrommaschinen wendigen Vorschriftsmassregeln zur Ladung von Akkumulatoren und zum Parallelbetrieb mit denselben, weil sie der Gefahr des Umpolens ausgesetzt ist, wie die Hauptstrommaschine; deshalb ist ihre Verwendung in Verbindung mit Akkumulatoren eine beschränkte.

Die übercompoundierte Dynamomaschine ist dann geboten, wenn bei variabler Beanspruchung auch erhebliche Spannungsverluste

in den Leitungen zu überwinden sind, damit die Spannung an den Stromabnahmestellen, z. B. Motoren, konstant bleibt.

Es wurde oben erwähnt, dass der Gleichstrom zufolge der Eigenschaft, dauernd chemische Veränderungen hervorzurufen, die Möglichkeit bietet, sich in elektrischen Akkumulatoren aufspeichern und zu anderer Zeit, auch an anderen Orten verwenden zu lassen.

Im Prinzip eignen sich alle Materialien, welche vom Strom chemisch beeinflusst werden und dadurch eine Veränderung ihres Potenziales erfahren, zu Elektroden von Akkumulatoren. Man hat aber dabei zu berücksichtigen, dass der praktische Betrieb die Wahl von solchen Stoffen fordert, welche bei geringer chemischer Umformungsarbeit grosse Spannungsunterschiede ergeben, sich in entsprechenden Mengen aufbringen lassen, keine heterogenen Reaktionen mit den zur Zuleitung des Stromes dienenden Plattengerippen bilden, keine schädlichen Stoffe absondern und eine möglichst lange Dauer der Beanspruchung, bezw. eine grosse Zahl von wiederkehrenden Beanspruchungen oder intensive Beanspruchung aushalten, ohne unbrauchbar zu werden.

Es ist bekannt, dass die modernen Akkumulatoren aus Blei und Bleisalzen bestehen, welche einerseits eine grosse Spannung in einem Element ergeben, andererseits eine hohe Stromdichte zulassen.

Die Platten sehen zumeist ganz eben aus, sie haben aber mancherlei, mitunter sehr wichtige, technologisch interessante Trägerformen, welche alle darauf hinauslaufen, die folgenden Bedingungen möglichst vollständig zu erfüllen.

1. Das Plattengerippe muss stabil und doch leicht sein und eine grosse wirksame Oberfläche haben.

2. Es muss die Stromabfuhr und -Zufuhr von allen Teilen der aktiven Masse möglichst gleichmässig bewirken.

3. Die aktive Masse muss in möglichst geringen Partien, also gut verteilt, auf bezw. in der Platte angebracht werden können.

4. Die Konstruktion des Plattengerippes soll das Ausfallen der aktiven Masse tunlichst verhindern bezw. nur derart ermöglichen, dass sich nicht grössere Stücke der Masse zwischen die Platten legen können.

Was die Verwendung der Akkumulatoren im Bergbau betrifft, so scheinen die Versuche, Grubenbeleuchtung mittels Akkumulatoren einzuführen, nicht durchgreifend gewesen zu sein. Das Gewicht einer tragbaren Lampe ist eben ein recht bedeutendes.

Die Vorteile der Verkleinerung der maschinellen Anlage und der gleichmässigen Ausnützung derselben sind praktisch nicht von so ausschlaggebender Bedeutung, als man glauben sollte. Denn einerseits wird zumeist das an Maschinen ersparte Kapital auf die Anschaffung von Akkumulatoren verwendet werden müssen, anderseits hat sich der Berg-

bau mit Energie von der Abhängigkeit vom Dampfbetrieb emanzipiert und führt denselben nur bei billiger Kohle, während die schon zahlreich verwendeten Wasserkräfte den Betrieb ohnehin so billig zu führen gestatten, dass der Akkumulator hier nicht mehr viel leisten kann. Ausserdem sind die Wechselstromsysteme weitaus vollkommener ausgebildet als früher, und man kann sich mit ihrer Hilfe auch von Entfernungen ziemlich unabhängig machen.

Dagegen kommen Akkumulatoren in Frage bei allen Gleichstromanlagen, welche für Kraftzwecke dienen, sei es als Pufferbatterie beim Betrieb von Fördermaschinen, Walzenstrecken u. dergl., sei es als Traktionsakkumulatoren in Gruben, welche niedrige Stollen haben, wo also die Oberleitung von Bergleuten mit der Hand oder mit Werkzeugen, welche auf der Schulter getragen werden, erreicht werden kann.

Bei allen Maschinen mit intermittierendem Kraftbedarf bewirken die Akkumulatoren eine bedeutende Ausgleichung desselben, was einen viel ruhigeren, sichereren Betrieb und eine bedeutende Schonung der Maschinen zur Folge hat.

Diese ausgleichenden Wirkungen des Akkumulators sind insbesondere nicht zu unterschätzen beim Anlaufen bezw. Abstellen grosser Fördermaschinen, welche sonst sehr bedeutende Stromstösse bewirken, während diese durch eine richtig dimensionierte Pufferbatterie auf ein sehr geringes Mass herabgedrückt werden.

Wie weit dies gehen kann, zeigen die Fig. 5 und 6, welche die Betriebsdiagramme einer Bergwerksanlage ohne und mit Akkumulatoren betreffen, welche von der Akkumulatorenfabrik Akt.-Ges. Berlin ausgeführt wurde. Im Betriebe befinden sich: eine Fördermaschine von 100 KWatt Leistung, 2 Pumpen und 200 Glühlampen à 16 NK. Den elektrischen Strom liefern 3 Dynamos von 550 Volt Spannung und je 112 Amp. Stromstärke.

Vor Anwendung der Akkumulatoren waren alle 3 Dynamos Tag und Nacht im Betrieb. Die Stromstärke jeder Maschine schwankte alle Minute bei sehr plötzlichem Uebergang zwischen 10 Amp. und 80—100 Amp. Wie bedeutend die Schwankungen vermindert wurden, ist aus dem zweiten Diagramm zu erkennen, wo nur Minima von 50 Amp. und Maxima von 60 Amp. auftreten.

Aus der Herabdrückung des Stromes von dem Maximum von 100 Amp. auf den Durchschnitt von etwa 55 Amp. sieht man, dass man auch mit einer einzigen der vorhandenen Dynamos auskommen kann, wie dies auch zu grossem Vorteil des Werkes geübt wird. Während der Nachtzeit wird sogar der Maschinenbetrieb gänzlich eingestellt, wodurch erheblich an Lohn und an Dampfkosten gespart wird, da die sonst erforderliche Dampfreserve nicht mehr gehalten zu werden braucht.

Dieselben Bemerkungen gelten natürlich für alle analogen Betriebe auch im Hüttenwesen, den Betrieb von Krahnen, Walzwerksmaschinen

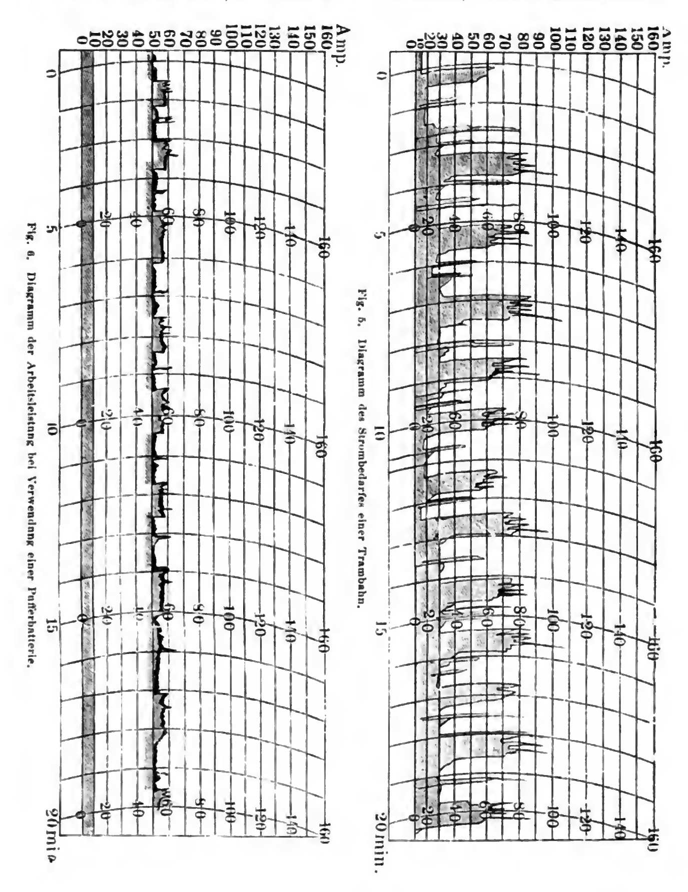


Fig. 5. Diagramm des Strombedarfes einer Trambahn.

Fig. 6. Diagramm der Arbeitsleistung bei Verwendung einer Pufferbatterie.

u. dergl. und es möge daher das eine Beispiel und die Aufstellung der massgebenden Gesichtspunkte genügen.

Es wurde als ein Unterschied zwischen Gleichstrom und Wechselstrom erwähnt, dass sich ersterer aufspeichern lasse, um zu anderer Zeit Arbeitsleistung abzugeben, während letzterer ohne Zuhilfenahme einer bewegten Maschine sich bei nahezu gleichbleibender Leistung aus schwachem Strom hoher Spannung in starken Strom niedriger Spannung und umgekehrt verwandeln lässt. Dies geschieht bekanntlich mit Hilfe der Transformatoren.

Eine Abart des Transformators ist die Drosselspule, welche entweder in Hintereinander- oder in Nebeneinanderschaltung mit Stromverbrauchsstellen verwendet wird. Sie besteht aus einer Drahtspule mit hoher Selbstinduktion, welche noch durch einen grossen Luftzwischenraum in ihrem magnetischen Stromkreise eine bedeutende Phasenverschiebung zwischen den elektromotorischen Kräften des Netzes und der Verbrauchsstellen, und auch zwischen den Stromstärken bewirkt, wodurch an Stromarbeit weniger verbraucht wird, als bei blossem Vorschalten von Ohmschem Widerstand.

6. Stromverteilung.

Was die Stromverteilung betrifft, so muss man in der Anordnung und Dimensionierung des Netzes selbst die Gewähr haben, dass die Spannung an allen Abnahmestellen des Stromes möglichst die gleiche ist und bei allen Belastungsänderungen möglichst gleich erhalten werden kann. Aushilfsmittel, wie die Verwendung von Lampen verschiedener Spannung, sollen in modernen Zentralen nicht mehr vorkommen.

Diese Gleichmässigkeit der Spannung muss aber auch während der Verbrauchsschwankungen im Betriebe aufrecht erhalten bleiben können, und man muss in dieser Hinsicht auf die verwöhnten Augen der Konsumenten viel grössere Rücksicht nehmen, als bei anderen künstlichen Beleuchtungsarten. Zufolge der Verbrauchsschwankungen ändern sich auch die Spannungsverluste in den Leitungen nicht gleichmässig, und man hat diesem Umstande Rechnung zu tragen, die Spannungsverluste nicht zu hoch zu wählen, besondere Speiseleitungen anzuordnen und den Widerstand derselben regulierbar zu machen.

Im allgemeinen soll die Zentrale oder die Unterstation, bezw. das Verteilungszentrum möglichst nahe an dem sogenannten „Schwerpunkt“ des Verbrauches liegen. Man betrachtet die in den einzelnen Häusern, Strassen etc. einer Stadt oder in den einzelnen Arbeitshallen und Werkstätten eines Etablissements gelegenen Lampen bezw. Motoren als Kräfte und sucht graphisch, indem man die Grössen der betreffenden Konsumpunkte als Linien darstellt, nach den Prinzipien der Schwerpunktbestimmung bei festen Körpern einen Punkt, welcher als der „Konsumschwerpunkt“ bezeichnet werden kann. Grössere Gebiete

können mehrere Konsumschwerpunkte aufweisen, und man hat danach den Ort der Zentrale zu wählen. Da man hierbei nicht allen Ansprüchen gerecht werden kann, so muss man dann die Leitungen so disponieren, dass die meisten und gewichtigsten Anforderungen dennoch erfüllt werden.

Man erzielt die Erhaltung einer konstanten Spannung durch folgende Mittel:

a) Anwendung von Verteilungspunkten in der Nähe der Konsumschwerpunkte, und Leitung des Stromes dahin ohne jede Abzweigung, um mit dem Spannungsverlust in der betreffenden Speiseleitung allein rechnen zu können. Der Spannungsverlust kann in solchen Speiseleitungen ziemlich hoch gewählt werden, etwa 10—15 %, da man es in der Hand hat, die Spannung der Maschine um diesen Betrag zu erhöhen, falls volle Beanspruchung vorkommt, und da man anderseits bei ungleichmässiger Beanspruchung ausserdem noch einen Regulier-Rheostat in die Speiseleitung legen kann, mittels dessen die durch eine Spannungsrückleitung an einem Voltmesser der Schalttafel erkennbar gemachte Spannung an dem betreffenden Verteilungspunkt konstant erhalten wird.

Einen Verteilungspunkt braucht man hierbei nicht zu regulieren, weil man seine Spannung unmittelbar von der Dynamomaschine beeinflussen kann. In der Regel wählt man hierzu den Verteilungspunkt, an welchem der stärkste Verbrauch vorliegt.

Bei der Anwendung von Akkumulatorenbatterien kann man in gewissen Fällen die Speiseleitungen („Feeders“) auch dadurch regulieren, dass man die Enden derselben an Zellenschalterkurbeln befestigt, welche unabhängig voneinander jedem Feeder die zur Ueberwindung der Spannungsunterschiede erforderliche Zahl von Regulierzellen zuzuschalten gestatten. Da hierbei aber die Spannung der Maschinen, wenn dieselben zum Parallelbetrieb herangezogen werden, immer grösser sein muss, als die höchste Spannung am Zellenschalter der Speiseleitung mit dem augenblicklich grössten Verlust, so werden die Regulierzellen oft sehr ungleichmässig und unrationell beansprucht und müssen in der Regel viel grösser gewählt werden, als die Stammzellen.

Bei Wechselstrom mit Transformatoren ist die Sache einfacher; denn einerseits sind die Leitungen oft aus Festigkeitsgründen viel stärker bemessen, als von elektrischem Standpunkte notwendig wäre, weisen also an sich einen erheblich geringeren Spannungsverlust auf, anderseits hat man es in der Hand, die Transformatoren selbst bei veränderlicher Primärspannung zur Ausgleichung der sekundären Spannung zu verwenden, indem man das Verhältnis der beiden Wickelungen veränderlich macht.

b) Weiter ausgedehnte Gebiete werden durch Anwendung einer oder mehrerer Ringleitungen mit Strom versorgt, welche dadurch

entstanden gedacht werden können, dass man die früher geschilderten Verteilungspunkte entsprechend miteinander verbindet. Hier gilt für die Speiseleitungen dasselbe, wie früher, für die Ringleitung aber, von welcher direkte Abzweigungen von Verteilungsleitungen vorgenommen werden, darf man nur einen sehr geringen Spannungsverlust zulassen, etwa 1 bis höchstens $1^1/_2{}^0/_0$.

c) Am weitesten entwickelt ist die Stromverteilung, wenn man die Speisepunkte zu Unterstationen ausgestaltet, weil in diesem Falle jedes einzelne Konsumzentrum gleichsam mit einer besonderen Zentrale versehen ist, in welcher der Strom nach Bedürfnis des betreffenden Konsumzentrums verteilt oder gar gesondert erzeugt wird, wobei der Zusammenhang der einzelnen Unterstationen untereinander durch Vermittlung der Zentrale ein ziemlich loser ist. Es kann zwar vorkommen, dass man insbesondere Akkumulatoren-Unterstationen ohne Umformer derart einrichtet, dass sie im äussersten Notfall auch an ihre Speiseleitung Strom abgeben und damit sowohl der Zentrale als auch einer andern Unterstation aushelfen können; in der Regel erhalten aber die Unterstationen erst dann ihren wahren Wert, wenn sie zugleich Umformerstationen sind, d. h. wenn der von ihnen an ihr spezielles Netz abgegebene Strom in ihnen selbst unter Zuhilfenahme von Strom anderer Spannung und anderer Art erzeugt wird. So kann man z. B. von der Zentrale Hochspannungs-Gleichstrom oder Drehstrom in die Unterstationen leiten, denselben dort auf niedrigere Spannung transformieren, Elektromotoren antreiben und geradeso, als ob man es mit Dampf oder Wasser als Betriebskraft zu tun hätte, oft sogar unter Zuhilfenahme einer der letztgenannten als Reserve, direkt oder mittels einer Transmission Generatoren von Gleichstrom mit niedriger Spannung betreiben, welche mit Akkumulatoren verbunden werden können und ein gesondertes Elektrizitätswerk für einen bestimmten Bezirk vorstellen.

Gemeinsam ist allen Verteilungssystemen die Zuleitung des Stromes von den Generatoren zu einer Schalttafel, die Regulierung, Messung und Verteilung desselben auf der letzteren und die Führung der Leitungen zu den Verbrauchsstellen oder Verteilungspunkten.

Bei kleineren Anlagen werden die Leitungen von dem Generator zur Schalttafel in der Luft geführt und man lässt in den Kabeln einige Lockenwindungen, um dem Spiel zu genügen, welches die Maschine wegen des notwendigen Nachspannens des Riemens haben muss. Bequemer und dem Aussehen nach schöner ist aber die Verlegung der erwähnten Verbindungsleitungen unter dem Fussboden des Maschinenraumes. Diese wird entweder in einem von oben zugänglichen Kanal mit Abdeckung aus Eisenplatten bewirkt, oder die Kabel werden einfach als Panzerkabel einbetoniert. Letztere Methode ist trotz der Ver-

wendung der teueren Panzerkabel im ganzen doch billiger, als die Herstellung des Kanales nebst Stützen und Isolatoren, kann aber nur dann als gerechtfertigt angesehen werden, wenn ein Auswechseln bezw. eine Beschädigung der Kabel nie eintreten kann. Die Kabel sind, besonders bei Hochspannung oder in unterirdischen Maschinenräumen, mit guten Endverschlüssen zu versehen, um eine Ueberleitung des Stromes von den blanken Klemmen bezw. Bürsten über die Oberfläche der Isolierung zur Erde zu verhindern. Andernfalls würde leicht rasche Zerstörung der Isolierung eintreten.

Bei sehr grossen Maschinen, bei denen in der Regel eine Isolation des Maschinengestelles vom Erdboden oder von der direkt gekuppelten Antriebsmaschine nicht bewirkt wird, werden die Räume zwischen den Fundamenten benutzt, um unterhalb des Fussbodens des Maschinenhauses, aber dennoch in stets frei zugänglichen Räumen die Kabel anzubringen.

Die Schalttafeln enthalten bei niedriger Spannung Verteilungsschienen, Sicherungen, Schalter und Messapparate an der Vorderseite, und man legt Wert auf eine gute Anordnung und gediegene Ausführung der Tafeln, die meist aus Marmorplatten auf Eisengerüsten oder Eisenrahmen bestehen. Bei Hochspannung verlieren sie sehr an Gefälligkeit, weil hier nur die Messapparate und die Schaltergriffe an der Vorderseite angebracht werden dürfen, während alle anderen, Hochspannung führenden Teile geschützt hinter der Tafel liegen. Diese wird zu diesem Zwecke von der Wand entfernt aufgestellt, um einen bequemen Bedienungsraum zu bekommen. (Fig. 7 und 8 Union.)

Wenn nun auch anerkannt werden muss, dass den Schalttafeln eine grosse Bedeutung in dem Komplex der eine elektrische Anlage bildenden Gegenstände zukommt, so muss doch anderseits bedauerlicherweise festgestellt werden, dass man in neuerer Zeit anfängt, mit denselben, besonders was die äussere, architektonische Ausstattung anlangt, einen ungerechtfertigten Sport zu treiben. Es kommen Schalttafeln für 3—4 Dynamos vor, welche den Preis einer solchen zugehörigen Dynamo um 50—60 $^0/_0$ übersteigen. Auch wird, um das Maschinenhaus besser übersehen zu können, ein ganzes Stockwerk hoch ein Gerüst mit eisernen Säulen und Geländern, Verzierungen, Bekrönungen usw. aufgebaut, um darauf eine mächtige, glatte, fast kahle, weisse Marmorwand anzubringen. Es gibt sogar Schalttafeln, deren vorderer Bedienungsgang trotz der Hochspannungs-Drehströme mit Geländer aus Eisen versehen ist, welches in einem Medaillon das Bildnis eines einflussreichen Mannes trägt, was denn doch als zu weit gegangen bezeichnet werden muss.

Man soll die Schaltwände zweckmässig und gefällig, aber einfach und vor allem betriebssicher ausgestalten, es aber verschmähen, aus denselben Ausstattungsstücke zu machen.

Die hier niedergelegten Gesichtspunkte gelten nicht bloss für

Elektrizitätswerke im allgemeinen, sondern sie können auch ohne wesentliche Aenderungen auf Elektrizitätswerke in Berg- und Hüttenbetrieben angewendet werden, welche bei der heutigen Tendenz, für grössere Werke oder für zerstreut gelegene Teile eines Werkes einheitliche Stromerzeugungsstätten zu errichten, in steter Zunahme begriffen sind.



Fig. 7. Schaltwand im Elektrizitätswerk in Wels.

7. Schaltungen.

Die wesentlichsten, in der Praxis vorkommenden Verbindungen von Maschine, Schalttafel, Leitungen und event. Akkumulatorenbatterie sind, wenn man von den allereinfachsten und bekanntesten absieht, folgende:

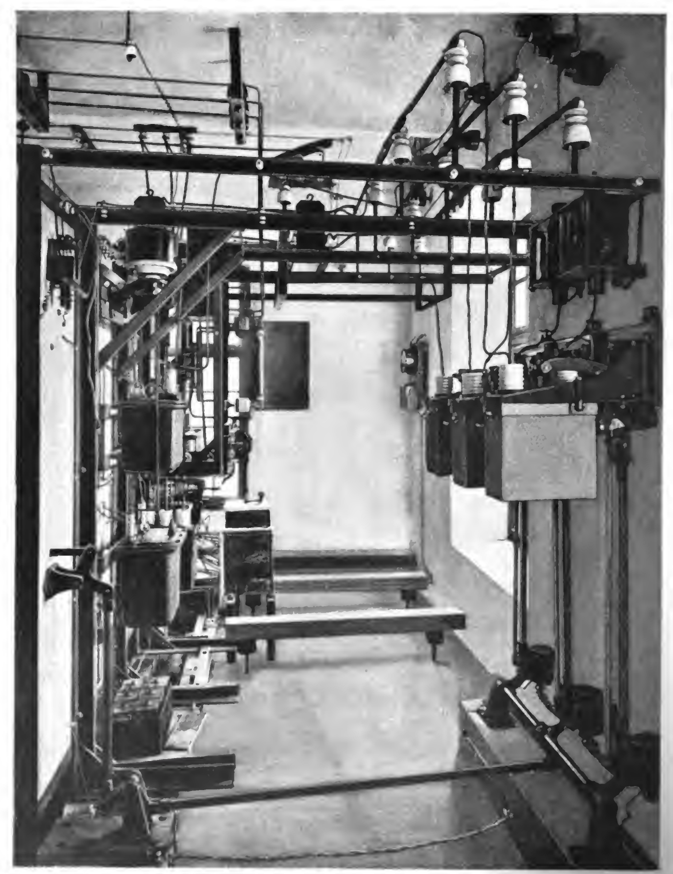


Fig. 8. Hinterer Bedienungsraum der Schaltwand in Wels.

a) Nebenschlussmaschinen genügend hoher Spannung mit Akkumulator (Fig. 9).

Hierbei hat man zu unterscheiden:
den reinen Maschinenbetrieb,

den Parallelbetrieb von Maschinen und Akkumulator,
den reinen Akkumulatorenbetrieb,
die Ladung der Akkumulatoren und
den Lichtbetrieb während der Ladung.

Die Schaltung besteht darin, dass die Dynamos mit dem einen Pol sowohl an eine Lichtschiene als an eine Akkumulatorenladeschiene angeschlossen werden können, während eine zweite Lichtschiene mit den anderen Polen aller Maschinen und Batterien verbunden ist. Man kann auf diese Weise alle die oben erwähnten Betriebsstadien durchmachen, insbesondere Lichtbetrieb während der Ladung, was bei einer Maschine nur dann möglich ist, wenn entweder der Strom für das Licht nicht mehr als 20 % des Ladestromes ausmacht, oder wenn die Regulierzellen so gross sind, dass sie den während der Ladung zu erwartenden Lichtstrom als Zuschlag zum Ladestrom aushalten.

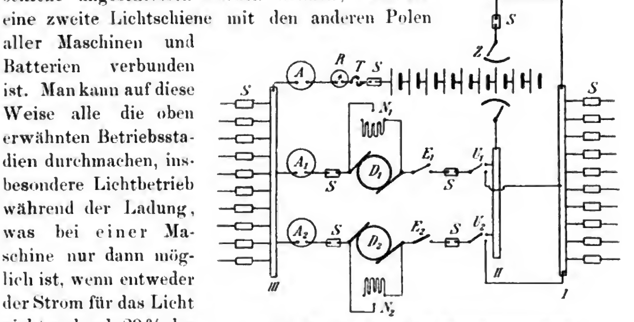


Fig. 9. Schaltungsschema von Nebenschlussmaschinen mit Akkumulator.

A Strommesser. *D* Dynamos. *E* Handschalter. *N* Nebenschlussregulatoren. *R* Stromrichtungszeiger. *S* Sicherung. *T* Selbstausschalter. *U* Umschalter. *Z* Zellenschalter.

Hinsichtlich der einzelnen Manipulationen kann auf die bezüglichen Spezialschriften und Angaben der elektrotechnischen Firmen verwiesen werden.

Bezüglich des Ladevorganges ist interessant, dass in seinem Verlaufe unter den Regulierzellen zunächst jene vollgeladen sind, welche während der Entladung zuletzt zugeschaltet wurden. Nach Versuchen beträgt die Entladung der Zellen folgende Prozentzahlen der vollen Kapazität:

Zelle 1 (Endregulierzelle)	4 %	Zelle 4 (Endregulierungszelle	84 %
„ 2	9 „	„ 5 „	95 „
„ 3	24 „	„ 6 und die folgenden	100 „

Die vollgeladenen Zellen zeigen diesen ihren Zustand durch Gasentwickelung an und es ist dann mit Rücksicht auf die Erhaltung der Zelle, welche wie jeder technisch verwendete Gegenstand dem Gesetze gehorcht, dass ihn Ueberanstrengung zugrunde richtet, und mit Rücksicht auf die Oekonomie des Betriebes geboten, diese Zellen mit Hilfe

des Ladezellenschalters abzuschalten, worauf wegen der dann auftretenden Erhöhung der Stromstärke eine Regulierung an der Maschine stattfinden muss.

b) Nebenschlussmaschine von konstanter Spannung mit Akkumulator (Fig. 10).

Nicht alle Nebenschlussmaschinen sind derart konstruiert, dass sie ohne weiteres eine Erhöhung der Spannung zulassen. Ueberhaupt muss in der Regel eine Nebenschlussmaschine, welche höhere Spannung geben soll, um Akkumulatoren zu laden, mit höherer Tourenzahl laufen und mit einem Nebenschlussrheostat von viel grösserem Umfang versehen werden, dessen Widerstände bei normalem Lichtbetrieb grösstenteils eingeschaltet sind und nur bei Ladung zum Zwecke der Spannungserhöhung nach Bedarf ausgeschaltet werden.

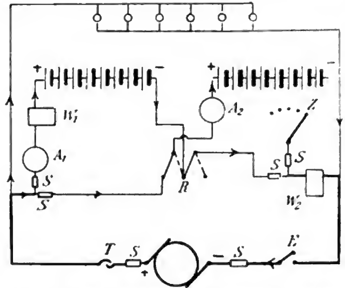


Fig. 10. Nebenschlussmaschine von konstanter Spannung mit Akkumulator.

A Strommesser. *E* Handschalter. *R* Reihenschalter. *S* Sicherung. *T* Selbstausschalter. *W* Widerstand. *Z* Zellenschalter.

Wenn also eine Nebenschlussmaschine die Erhöhung der Spannung nicht zulässt, so muss man sich damit helfen, dass man die Akkumulatorenbatterie in zwei Hälften teilt und diese derart verbindet, dass sie bei Entladung und Parallelbetrieb in Hintereinanderschaltung, bei Ladung aber in Parallelschaltung arbeiten. Aus diesem Grund muss man eine solche Batterie stets mit einer g e r a d e n Z a h l von Zellen ausführen.

Ein selbsttätiger Spannungsregulator ist hier zulässig, aber wohl zumeist überflüssig.

Die einzelnen Vorgänge sind hinsichtlich des Maschinenbetriebes, des Parallelbetriebes und des Akkumulatorenbetriebes analog denen bei der früher geschilderten Schaltung. Da hier während der Ladung Lampen direkt mit betrieben werden können, so ist ein Entladezellenschalter mit grosser Kontaktzahl nicht notwendig; vielmehr können alle Manipulationen leicht mit Hilfe eines einfachen Ladezellenschalters für 6—8 Zellen ausgeführt werden.

Etwas Umsicht und rasches Arbeiten ist erforderlich, wenn man die Akkumulatoren auf Ladung schalten soll, wobei es wegen des Konstantbleibens der Spannung der Dynamomaschine gleichgültig ist, ob man Lampen eingeschaltet hat und mit betreiben will.

c) Nebenschlussmaschinen konstanter Spannung, Akkumulator in einer Reihe, geladen mit Zusatzmaschine.

Die vorhin erwähnte Schaltung leidet an dem Fehler, dass sie den Akkumulatorenbetrieb sehr unökonomisch macht. Denn wenn schon bei normalem Laden in einer Reihe an Kapazität ein Verlust von 10 % eintritt, welcher bei dem Unterschied zwischen der Entladespannung und der Ladespannung (im Mittel 1,9 zu 2,2 = 0,3 = ca. 15 %) ein gesamtes Güteverhältnis von 75 % bewirkt, so kommt hier zur Ladearbeit noch die durch die Widerstände vernichtete Maschinenarbeit hinzu, welche das gesamte Güteverhältnis auf etwa 45 % herabdrückt.

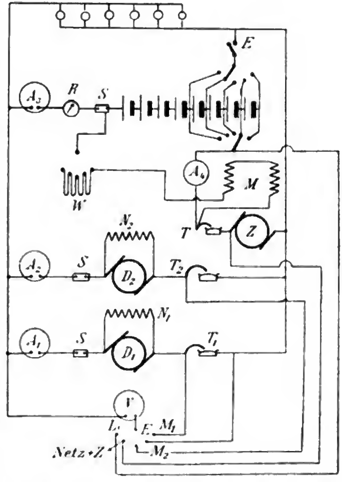


Fig. 11. Akkumulator, Nebenschluss u. Zusatzmaschine. *A* Strommesser. *D* Dynamos. *E* Handschalter. *M* Magnetwicklung. *N* Nebenschlussregulator. *R* Stromrichtungszeiger. *S* Sicherung. *T* Selbstausschalter. *V* Spannungsmesser. *W* Widerstand. *Z* Zusatzdynamo.

Wo es also darauf ankommt, ökonomisch zu arbeiten, kann man diese Schaltung nicht anwenden und greift zu dem sehr rationellen Mittel der Ladung mittels einer in den Akkumulatorenladekreis eingeschalteten „Zusatzdynamo“ (Fig. 11).

Diese Zusatz-Maschine muss für die grösste Ladestromstärke konstruiert sein und Spannungen bis zur Höhe des Unterschiedes der höchsten Ladespannung über die normale Betriebsspannung abgeben können. Ihre Magnete werden vom Akkumulatorenstrom selbst erregt, und zwar mit Hilfe des Rheostates so viel, dass die Summe der Betriebsspannung und der Zusatzspannung etwas höher ist, als die Spannung der zu ladenden Batterie, worauf dann der Automat der Zusatzmaschine geschlossen wird. Mit dem Rheostat der Magnetwickelung der Zusatzmaschine wird die Ladestromstärke auf gleichmässiger Höhe erhalten. Das Ausschalten erfolgt nach entsprechendem Abschalten der geladenen Regulierzellen durch Vermindern der Ladestromstärke durch den erwähnten Automaten. Wegen des Lichtbetriebes kann man zwischen Entladezellenschalter und Netz auch einen Handausschalter anbringen.

d) Nebenschlussmaschinen mit Ausgleichsmaschinen im Dreileiternetz (Fig. 12).

Es ist klar, dass man alle erwähnten Schaltungen auch anwenden kann, um die Maschinen in ein Dreileiternetz arbeiten zu lassen; man hat hierbei nur die beiden Hälften des Netzes hinsichtlich der Apparate usw. gegen den Nullleiter genau symmetrisch anzulegen. Hierbei kommt es natürlich zu Ungleichheiten in der Spannung, wenn die Stromentnahme in den beiden Hälften nicht gleich ist. Man kann dieselben nun ganz gut durch Regulieren der Maschinen ausgleichen. Wenn jedoch die Beanspruchungen stärkere Unterschiede zeigen, so ordnet man, um nicht einen stärkeren Nullleiter verwenden, bezw. denselben bei bestehenden Netzen verstärken zu müssen, „Ausgleichsmaschinen" an. Durch dieselben kann man auch bei konstant gehaltener Aussenleiter-Spannung die Spannungen zwischen diesen und dem Mittelleiter trotz Schwankungen im Stromverbrauch gleichmässig auf der halben Aussenleiterspannung halten, ohne dass die Speisepunkte mit der Stromquelle verbunden wären. Man braucht also in den Speiseleitungen keine Mittelleiter und überhaupt als Stromquelle nur eine einheitliche Dynamomaschine von doppelter Spannung und nicht die doppelte Zahl der Apparate, wie bei der gewöhnlichen Anordnung der Dreileiterschaltung.

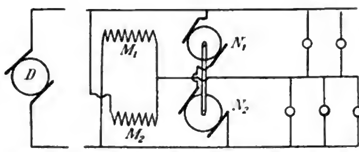


Fig. 12. Nebenschlussmaschinen mit Ausgleichsmaschinen im Dreileiternetz.
D Dynamo. *M* Magnetwickelung. *N* Nebenschlussmaschine.

Die Schaltung besteht darin, dass an dem Anfangspunkt des Dreileiternetzes zwei miteinander gekuppelte Dynamomaschinen aufgestellt werden, deren Anker also die gleichen Touren machen und hintereinander geschaltet sind, derart, dass jeder Anker unabhängig von dem andern eine Netzhälfte mit Strom versorgen kann. Die Magnete dieser beiden Dynamos sind aber derart geschaltet, dass sie von derjenigen Netzhälfte aus erregt werden, welche der ihnen zugehörige Anker nicht speist, also die Magnete der Dynamo I von der Netzhälfte II und umgekehrt.

Für den Fall gleichmässig verteilter Spannung laufen nun beide Anker als Motoren, betrieben von der Spannung der an sie angeschlossenen Netzhälfte, mit Elektromagneten, welche von der anderen Netzhälfte erregt werden. Wenn nun z. B. im Stromkreis I Lampen ausgeschaltet werden, so steigt seine Spannung; da aber die Summe beider Spannungen,

die Aussenleiterspannung, fast konstant geblieben ist, so sinkt analog die Spannung des Stromkreises II. Durch das Sinken der Spannung II wird aber das magnetische Feld I und somit auch die elektromotorische Gegenkraft des Motors I schwächer, während sich diese Grössen bei Motor II, welcher durch die erhöhte Spannung I erregt wird, umgekehrt ändern. Es wird daher nunmehr Anker I Strom aufnehmen, somit als Motor, aber mit der Tendenz einer anderen Geschwindigkeit, weiterlaufen und der Anker II wird als Generator wirken und einen Teil des Stromunterschiedes in das Netz II abgeben. Es wird also in den beiden Zuleitungen der gleiche Strom verbraucht wie früher, nur nimmt den Ueberschuss, welcher in der einen Netzhälfte über den Bedarf auftritt, der eine Anker als Motor auf, und der andere Anker liefert den Fehltrag als Generator in die zweite Netzhälfte.

Diese Schaltung kann natürlich auch mit Akkumulatoren verbunden werden.

Eine sehr einfache Methode der Ausgleichung der Beanspruchung von Batterien, insbesondere, wenn diese an sich nicht sehr gross sind, liegt in dem Vertauschen der Batterien von einer Netzhälfte zur anderen; mit ihr kann man die Spannungsverhältnisse, soweit sie von den Stromquellen abhängen, gut ausgleichen. Sie besteht darin, dass die vier Zuleitungen zu den Batterien an einen Umschalter geführt und mit demselben alternierend entweder zwischen dem positiven Aussenleiter und dem Nullleiter, oder zwischen dem letzteren und dem negativen Aussenleiter eingeschaltet werden. Man kann dies entweder regelmässig alle Tage machen, oder sich hierbei nach denjenigen Anzeichen der Batterien richten, welche den Ladungszustand derselben angeben und zwar derart, dass man immer den Wechsel vornimmt, sobald eine Batterie bei sonstiger korrekter Wartung und normalen Vorgängen mit der Gasentwickelung zurückbleibt. Man kann sich hierbei nicht bloss nach dem Maximum der Stromentnahme aus einer Netzhälfte richten, da auch bei minderen Stromstärken und längerer Beanspruchungsdauer die Kapazität der Batterie verbraucht wird.

e) Batterie und Nebenschlussmaschine konstanter Spannung, Ladung in drei Reihen.

Der bedeutende Verlust, den man bei der gewöhnlichen Reihenschaltung in zwei parallelen Hälften erfährt, kann vermindert werden, wenn man eine Verlängerung der Ladezeit um 50 % akzeptieren kann, und es ergibt sich dann ein Güteverhältnis der Batterie von etwa 60 %. Dies geschieht dadurch, dass man (Fig. 13) die Batterie in drei Teile zerlegt und diese mit Hilfe von Umschaltern derart an die Stromquelle

zur Ladung anschliesst, dass zuerst die Teile I und II, dann I und III und zuletzt II und III geladen werden. Es ist ersichtlich, dass hierdurch die Ladezeit auf das $1\frac{1}{2}$fache verlängert wird, da zuerst während der Vollladung des Teiles I, die Teile II und III nur je zur Hälfte geladen werden, was dann bei ihrer gemeinsamen Ladung nachgetragen werden muss.

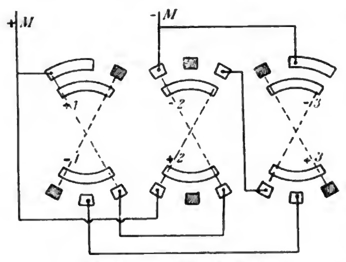


Fig. 13. Ladung in drei Reihen.

f) Neue Schaltung in drei Reihen (Gruppen).

Das Bestreben ist auch hier, die Akkumulatorenladung mit der Betriebsspannung zu bewirken, welche oft während der Ladung aus leicht erklärlichen Gründen konstant bleiben muss. Hierzu verwendet Kwaysser einen neuartigen Reihenschalter, dessen Schema in Fig. 14 gegeben ist.

Die Schaltung ist derart disponiert, dass zunächst die Batterieteile I und II miteinander parallel und mit III und einem Ladewiderstand in Reihe geschaltet werden. Der Teil III erhält demnach doppelt so viel Strom, wie I und II und wird zuerst voll geladen, wobei von der Betriebsspannung anfangs ca. 28 %, später nur mehr 12 %, im Mittel ca. 20 % vernichtet werden. Darauf werden I und II mit dem Widerstand in Reihe geschaltet und ihrerseits voll geladen.

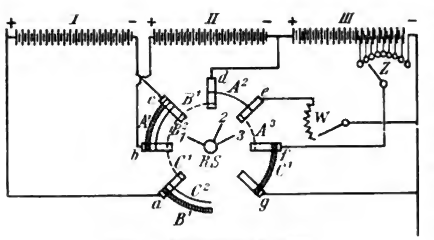


Fig. 14. Schaltung von Kwaysser.

Der Reihenschalter besteht aus sieben in einem Kreise angeordneten Lamellen, welche durch drei segmentartige Kontaktstücke in verschiedener Weise verbunden werden können.

Der Ladewiderstand wird nur während der Ladung gebraucht, seine Ausschaltung ist aber nicht notwendig, da er durch die entsprechende Stellung des Reihenschalters automatisch umgangen wird.

g) Gleichstrom mit Spannungsteiler.

Wenn man bei etwas ausgedehnteren Anlagen Gleichstrom anwendet, oder wenn bei einer im allgemeinen kommassierten Gleichstromanlage einzelne grössere Konsumstellen etwas weiter entfernt sind, so kann man bei einer Zweileiter-Speiseleitung dennoch die Vorteile des Dreileitersystemes ohne Zuhilfenahme von Akkumulatoren ausnützen, wenn man einen sogen. Spannungsteiler einschaltet, wie Fig. 15 zeigt.

Derselbe beruht auf einer Erfindung v. Dobrowolskys und besteht darin, dass man zwischen zwei diametrale Punkte eines Gleichstromankers einen Apparat schaltet, welcher Windungen geringen Widerstandes, aber hoher Selbstinduktion enthält. Zwischen zwei solchen Punkten entsteht eine Wechselspannung, und es fliesst daher zwischen denselben in dem betreffenden Apparat nur ein geringer Wechselstrom, wogegen Gleichstrom keinen erheblichen Widerstand findet. Derjenige Punkt der Spule, welcher gleich weit von ihren Enden entfernt liegt, hat unbedingt ein Potenzial, welches genau in der Mitte liegt zwischen den Potenzialen der beiden Bürsten der Dynamo. — Hierbei kann der Apparat räumlich auch von der Dynamo getrennt sein.

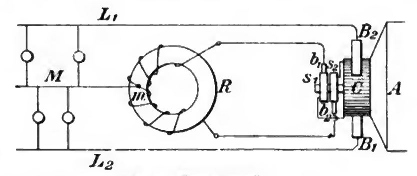


Fig. 15. Spannungsteiler.
A Anker. B Bürsten. C Collector. b Hilfsbürsten. L Leitungen. M Mittelleiter. R Spannungsteiler. s Schleifringe.

Zum Zwecke der Schaltung werden auf der Welle der Dynamomaschine zwei isolierte Schleifringe aufgebracht, welche an zwei gegenüberstehenden Kollektorlamellen angeschlossen sind. Mit Hilfe der Schleiffedern wird der Strom dem Spannungsteiler zugeführt. Dieser ist ein gänzlich feststehender Apparat in der Form eines Wechselstromtransformators und es wird von seinem elektrischen Nullpunkt eine Leitung zum Nullleiter des Netzes gezogen.

h) Wechselstromanlage (Fig. 16).

Bei einer Wechselstromanlage hat man auf der Schaltwand zwei wesentliche Teile bezw. Apparatgruppen zu unterscheiden, nämlich die Apparate für den Hochspannungshauptstrom und jene für den Niedrigspannungserregerstrom. Die Verbindung der Maschinen mit den Stromverteilungsschienen erfolgt in analoger Weise, wie bei Gleichstrommaschinen mittels Ausschaltern, Sicherungen und unter Einschaltung der Strommesser. Behufs Parallelschaltung versieht man jede Maschine

mit einem Spannungsmesser. Die Spannungsmesser sind nicht direkt, sondern unter Zwischenschaltung von kleinen Transformatoren, sogenannten Messtransformatoren, an die Klemmen geschaltet und so eingerichtet, dass sie mit Hilfe von Voltmesserumschaltern an die Sekundärwindungen aller dieser Transformatoren angeschlossen werden können.

Die Hochspannungsstromkreise werden gleichfalls in gebräuchlicher Weise an die Verteilungsschienen angeschlossen. Die Apparate für Hochspannung werden hinter der Schaltwand angebracht, um einer Berührung die Gefährlichkeit zu benehmen.

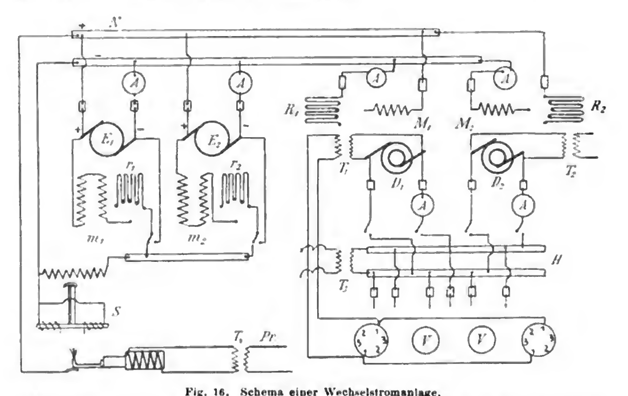


Fig. 16. Schema einer Wechselstromanlage.
A Strommesser. *D* Dynamos. *E* Erregermaschinen. *H* Hochspannungsschienen. *M* Magnetwicklungen. *N* Niedrigspannungsschienen. *R r* Regulierwiderstände. *S* Selbstregler. *T* Messtransformatoren. *V* Spannungsmesser.

Die Niedrigspannungs-Erregermaschinen und eventuell eine Akkumulatorenbatterie sind derart geschaltet, dass sie zwei Erregerschienen speisen, von welchen die Magnetwickelungen der Wechselstromdynamos mit ihren Rheostaten abgezweigt werden. In der Magnetleitung der Erregermaschinen befinden sich jedoch noch zwei Umschalter, welche es gestatten, die Magnetwickelungen an eine Hilfsschiene anzuschliessen, so dass mit Hilfe eines automatischen Widerstandsregulators, welcher durch einen Transformator von den Hauptschienen aus betätigt wird, die Spannung der Erregermaschinen nach dem Erfordernis der gleichzuhaltenden Hauptspannung an den Hochspannungsschienen selbstätig reguliert, aber auch von Hand beeinflusst werden kann. Die Uebereinstimmung der Phasen wird an Phasenmessern abgelesen.

i) Drehstrom.

In ganz analoger Weise kann die Schaltung von Drehstrommaschinen bewirkt werden und es gibt Fig. 17 eine vereinfachte Schaltung dieser Art an.

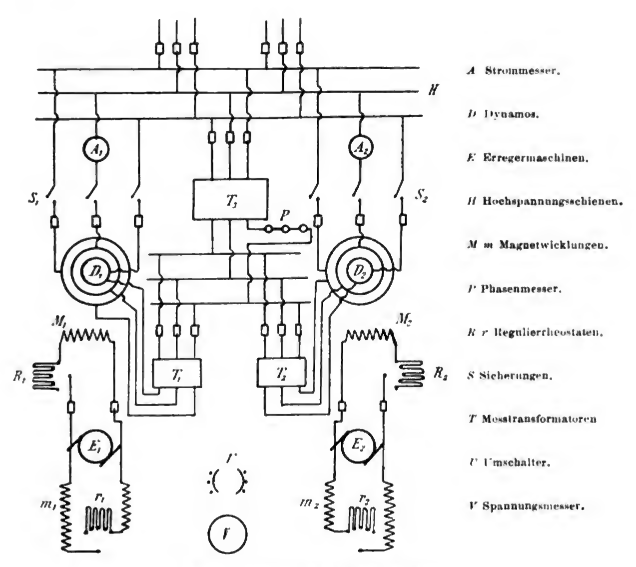


Fig. 17. Schaltung einer Drehstromanlage.

k) Drehstrom mit Umformung auf Gleichstrom.

Es gibt Verhältnisse, wo man auf die Vorteile des Gleichstromes, hauptsächlich mit Rücksicht auf den Akkumulatorenbetrieb und die dabei erzielbare Ersparnis an Löhnen nicht gerne verzichtet, aber dennoch z. B. bei Ausnützung einer entfernt liegenden Wasserkraft, nicht daran denken kann, den Gleichstrom durch eine Fernleitung an das Konsumzentrum zu bringen. In einem solchen Falle benützt man eine Kombination von Drehstrom und Gleichstrom. Man hat dann zwei Stationen zu unterscheiden, nämlich die „Primär-“ und die „Sekundär- oder Unterstation.“

In der ersteren wird Drehstrom von 2000, 3000 oder 5000 Volt erzeugt und mittels einer relativ dünnen Fernleitung in die Unterstation geleitet (Fig. 18). In dieser wird der Strom auf niedrige Spannung transformiert und von einem Drehstrommotor von 200—500 Volt aufgenommen, welcher eine Gleichstrommaschine als Generator treibt. Diese kann nun ein Gleichstromnetz, Zweileiter oder Mehrleiter speisen, geradeso, als ob sie von einer anderen motorischen Maschine, Dampfmaschine oder Turbine, betrieben werden würde.

Man kombiniert auch aus Gründen der Reserve häufig beiderlei Antriebe.

Im ersteren Falle verwendet man Drehstrom-Gleichstrom-Umformer, welche eine Vereinigung von Drehstrommotor und Gleichstrommaschine darstellen, in dem letzteren Falle wirkt der Drehstrommotor mittels einer Transmission auf die Gleichstromgeneratoren, welche durch dieselbe Transmission auch von anderen (Dampf-)Motoren betrieben werden können.

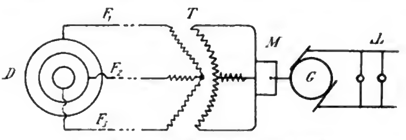


Fig. 18. Drehstromanlage mit Fernleitung.
D Drehstromdynamo. *F* Fernleitungen. *G* Gleichstromdynamo. *J* Gleichstromleitungen. *M* Drehstrommotor. *T* Transformator.

Es ist notwendig, dass in einem solchen Falle die einzelnen Maschinen- oder Transmissionsteile durch lösbare Kuppelungen mit den betreffenden bewegten Teilen verbunden sind. Die Vorgänge sind hierbei leicht verständlich.

l) Drehstrom mit sehr hoher Spannung in der Fernleitung.

Für sehr grosse Entfernungen muss man wegen der sonst unmöglichen Dimensionen der Fernleitung zu bedeutend höheren Spannungen greifen, und man verwendet heute tatsächlich schon Spannungen von mehr als 20000 Volt.

Diese können natürlich auch nur schwer in Maschinen direkt erzeugt werden, da einerseits diese Maschinen gross werden und wegen der Isolierungen ein recht ungünstiges Güteverhältnis ergeben würden, und da anderseits die Bedienung solcher Maschinen enorme Gefahren mit sich brächten. Deshalb verwendet man Generatoren für relativ geringe Spannung (2000 Volt) in der Primärstation, transformiert den Strom in der Station auf 20000 Volt und leitet diese durch die Fernleitung zur Unterstation.

Aus konstruktiven Rücksichten muss man bei der Fernleitung die Drähte stets viel stärker bemessen, als den elektrischen Anforderungen entspricht, und man erhält dadurch Fernleitungen mit sehr geringem

prozentuellen Verlust. Es ist z. B. Vorschrift, dass man mit Rücksicht auf die Festigkeit der Leitungen bei Sturm u. dergl. keine dünneren Drähte anwenden soll, als solche von 5 mm Durchmesser. Hierin wird man wohl etwas andere Vorschriften machen müssen, denn selbst bei so dünnen Drähten können lange Fernleitungen oft so teuer werden, dass eine Rentabilität der Anlage ihretwegen nicht erreichbar ist. Die Erfahrungen werden wahrscheinlich zeigen, dass man auch mit weniger dicken Drähten auskommt, wenn nur sonst alle Vorsichtsmassregeln gegen Bruch, Berührung u. dergl. wahrgenommen werden, und damit wird diesem Uebelstand des Kostenpunktes der Leitung begegnet werden können. Wenn nur der zulässige Durchmesser auf 4 mm reduziert und eventuell die mechanische Spannung des Drahtes bei weiterem Abstand der Isolatoren eines Gestränges verringert wird, sodass die Bruchgefahr vermindert wird, so sinken die Kosten des Kupfers für die Leitungen schon auf fast die Hälfte. Ausserdem steht der Verwendung von verseilten Drähten, welche keine so grosse Bruchgefahr bieten, nichts im Wege.

Der Drehstrom von 20000 Volt, welcher durch die Fernleitung in die Unterstation kommt, wird dort ebenso wie früher auf geringere Spannung transformiert, treibt Elektromotoren und erzeugt mit derselben Hilfe Drehstrom von 200 Volt, welcher direkt verwendet wird.

Man könnte auch mit Hilfe von Transformatoren die Spannung von 2000 Volt auf 200 Volt reduzieren, zieht es aber in der Regel vor, bewegte Maschinen anzuwenden, weil man dadurch verschiedene Kombinationen und Verbindung der Maschine mit anderen mechanischen Motoren bewirken kann.

m. Hochspannungs-Reihenschaltung.

Es erübrigt noch die Besprechung eines Systemes der Energieverteilung, welches praktisch einige Bedeutung erlangt hat, nämlich das System der Verteilung mit konstanter Stromstärke, hoher aber veränderlicher Spannung bei Hintereinanderschaltung der Abnahmestellen (Fig. 19).

Dieses System hat gewisse Vorzüge vor den anderen, wenn man auch mit letzteren ziemlich grosse Distanzen bewältigen kann. Es rührt von Bernstein her und besteht darin, dass die zu übertragende bezw. zu verteilende Energie nicht wie bei den anderen Systemen bei konstanter Spannung, sondern bei konstanter Stromstärke übertragen wird.

Damit nun aber die hohe Spannung nicht an die Konsumstellen kommt, so werden nicht diese selbst unmittelbar, sondern mittelbar unter Zuhilfenahme von Transformatoren-Stationen hintereinander geschaltet. Die Lampen, welche Bernstein verwenden will, sind solche von 10 Amp. und 6 Volt bei 20 NK, und haben eine derartige Kon-

struktion, dass bei Brechen des Glühkörpers die Zuführungsdrähte in der Lampe selbst den zum Kurzschliessen nötigen Kontakt bilden. Von solchen Lampen wird eine bestimmte Zahl an jedem der zerstreut liegenden Konsumzentren hintereinandergeschaltet und von einem Gleichstromgenerator betrieben, welcher selbst wieder mit einem Gleichstrommotor zusammenhängt. Von solchen Motoren wird nun eine Reihe, entsprechend der Zahl der Konsumzentren durch eine dünne Leitung hintereinandergeschaltet, welche von der Hauptdynamo in der Zentrale mit konstanter Stromstärke und veränderlicher Spannung gespeist wird.

Bei den Lampen erfolgt auch das Ausschalten durch Kurzschliessen der beiden Zuführungsdrähte, und es nimmt dann die Spannung der von einem Gleichstrom-Transformator gespeisten Lampengruppe ab, während die Stromstärke konstant bleibt. Deshalb muss auch die erforderliche Umdrehungszahl der Betriebsmaschine abnehmen. Auch die Motoren werden mit Hilfe von Widerständen und durch Kurzschliessen der Klemmen ausgeschaltet und können auch nach Erfordernis reguliert werden, da die elektromotorische Kraft veränderlich ist, mit der die Motoren betrieben werden müssen. Daraus folgt nun, dass auch die elektromotorische Kraft (beziehungsweise Klemmenspannung) der Pimärdynamo veränderlich sein muss, je nach dem Widerstande, welchen dieselbe im äusseren Stromkreis zu überwinden hat.

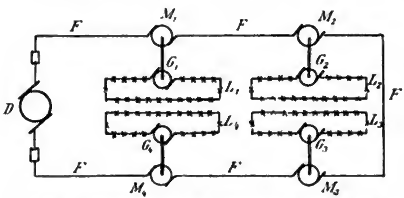


Fig. 19. Reihenschaltung für Hochspannungs-Gleichstrom.
D Dynamo. F Fernleitung. G Generatoren. L Lokalnetze. M Motoren.

Die Primärdynamo darf nun nicht, wie gewöhnlich, auf konstante Spannung arbeiten, sondern muss nach der Leistung sich selbsttätig regeln, dabei immer gleiche Stromstärke entwickelnd. Dies macht nun Bernstein auf eine sehr einfache Weise, indem er die Primärdynamo von einer Dampfmaschine ohne Regulator treiben lässt. Denn eine solche Maschine hat unmittelbar das Bestreben, die Umdrehungszahl nach der Spannung einzustellen und gleiche Stromstärke zu erzeugen. Es beruht dieses scheinbar paradoxe Verhalten, wonach die Dampfmaschine von selbst rasch läuft, wenn viele Lampen eingeschaltet sind, und langsam, wenn wenig Lampen leuchten, darauf, dass nicht allein die Geschwindigkeit für eine Leistung massgebend ist, sondern dass auch die Umfangskraft ein Faktor der Leistung ist. Daher kann man auch mit Vorteil Hauptstromdynamos zur Ladung von Akkumulatoren

mit konstanter Stromstärke verwenden, indem man sie in analoger Weise mit einer Dampfmaschine ohne Regulator verbindet.

Die Vorteile des Systems Bernstein liegen in folgendem:

1. Während bei den auf konstante Spannung arbeitenden Systemen die Geschwindigkeit konstant, daher die Zylinderfüllung der Dampfmaschine variabel ist, tritt hier das Umgekehrte ein, und deshalb arbeitet die Dampfmaschine immer mit ihrer meist ökonomischen Füllung und dem günstigsten Wirkungsgrad. An der Dampfmaschine kann ferner der komplizierte, teure und bedienungsbedürftige, ölverzehrende Regulator und die Präzisionssteuerung gänzlich entfallen.

2. Man kann mit dünnen, daher billigen Leitungen grosse Distanzen bewältigen, rechnet mit konstantem Spannungsverlust, und hat keine Erwärmung der Leitungen zu berücksichtigen, weil an der Stromstärke keine Veränderung eintritt. Es brauchen auch keine Sicherungen angewendet zu werden, weil die beiden Pole der Fernleitung fast nie nebeneinander laufen und weil keine Erhöhung der normalen Stromstärke eintreten kann.

3. Nicht nur die Dampfmaschinen, sondern auch die elektrischen Maschinen brauchen sehr wenig Bedienung, da wieder wegen der konstanten Stromstärke keine Funkenbildung und kein Verschleiss der Kollektoren eintritt. Auch sollen die Lampen pro verbrauchte Watt mehr Licht abgeben, als die normalen für 100, 150 und 200 Volt, abgesehen von den stärkeren Abmessungen des Glühkörpers und der dadurch verminderten Gefahr eines Bruches.

Ein ähnliches System, Thury, scheint sich in der Praxis gut zu bewähren.

8. Betrieb.

Für den Betrieb einer elektrischen Anlage kann man im allgemeinen folgende Regeln aufstellen, wobei vorausgesetzt werden: richtig aufgestellte und funktionierende Dynamos und richtig disponierte und dimensionierte Apparate.

Wenn die Dynamomaschine anläuft, so kann man den Kollektor mit feinem Glaspapier abschleifen. Die Schrauben der Lamellen und der Bürstenhälter hat man schon während des Stillstandes untersucht, ebenso die Güte der Schraubenverbindungen der Magnetleitung und der Fortleitungskabel. Die Apparate sind als gereinigt und sonst in stand gehalten zu betrachten. Es ist die Aufgabe, mit der Maschine Strom von konstanter Spannung zu erzeugen.

Bei modernen Dynamomaschinen ist zufolge der magnetischen Disposition, der Konstruktion des Ankers und des Kollektors und der Anwendung von Kohlenbürsten ein funkenloser Gang auch bei Schwan-

kungen der Belastung gewährleistet, während bei älteren Dynamos eine Verstellung der Bürsten vorgenommen werden musste.

Als Funken waren aber nicht die zahlreichen kleinen blauen Fünkchen zu betrachten, welche oft zwischen Kollektor und Bürsten auftreten, wenn die letzteren noch nicht ganz nach der Krümmung des ersteren eingeschliffen sind. Vielmehr gelten als schädliche Funken nur die scharf spritzenden Feuererscheinungen, welche ein rötliches Licht haben und ganz regellos aus der Kontaktfläche zwischen Kollektor und Bürste herausspritzen. Diese Funken bleiben auch oft selbst bei der sorgfältigsten Behandlung der Maschine bestehen und sind nicht zu entfernen, wenn z. B. einzelne Lamellen des Kollektors nicht genügende leitende Verbindung mit den zugehörigen Induktionsdrähten haben; daher sind diese Verbindungen bei Stillstand der Maschine immer zu untersuchen. Treten Funken nur derart auf, dass einzelne Lamellen ausbrennen, so deutet dies darauf hin, dass diese Lamellen mit den Nachbarlamellen oder die zugehörigen Drahtwindungen in sich oder mit den Nachbardrähten Schluss haben. — Die Funken sind oft auch darauf zurückzuführen, dass der Maschinenanker nicht vollkommen symmetrisch oder das magnetische Feld etwa wegen eines Gussfehlers nicht genügend homogen ist.

Seinerzeit hat man die wahren Ursachen der Funkenbildung nicht erkannt und daher ausser den einfachen Bürsten aus Draht, Blechen oder einem Gemisch beider, welche aus weichem Kupfer oder Messing bestanden, noch eine Unzahl von Konstruktionen erfunden, welche grösstenteils wertlos sind; es sind nämlich heute zumeist nur noch die Gewebebürsten im Gebrauch, weil sich dieselben wohl bewährt haben, man vermeidet aber jetzt Bürsten, welche irgendwelche Kunststücke auszuführen haben sollen, z. B. selbstschmierende oder selbstlüftende Bürsten, bezw. solche, welche die Funken ausblasen sollen u. dgl. m.

Sehr vorteilhaft haben sich Stromabnehmer aus Kohle bewährt, weil dieselben die Kollektoren sehr schonen und insbesondere bei reversierbaren Motoren unentbehrlich sind, weil sie radial, nicht wie die Blechbürsten tangential oder schräg gestellt, in Verwendung kommen. Sie erhalten auch bald eine innigere Kontaktfläche und können daher mit einer kleineren Auflagefläche einen bedeutend stärkeren Strom abnehmen, als die Metallbürsten. Man geht bei gewissen Sorten bis 20 Amp. pro mm^2, während Metallbürsten nur mit 6—8 Amp. pro mm^2 gesamter (nicht effektiv kontaktbildender) Kontaktfläche belastet werden.

Die Erfahrung hat überhaupt gezeigt, dass es notwendig ist, die Bürsten aus einem anderen Material zu wählen, als die Lamellen des

Kollektors gefertigt sind, denn es scheint, dass bei Funkenbildung die Gefahr vorliegt, dass die der Schweisshitze des Lichtbogens in den Funken ausgesetzten aneinanderliegenden Stellen von Kollektor und Bürste Neigung haben, aneinander zu schweissen, so dass also der Kollektor bald sehr rauh und insbesondere an denjenigen Stellen verbrannt wird, wo die Bürste bei der Rotation die Kollektorlamellen verlässt.

Man hat versucht, solcher Rauheit des Kollektors dadurch zu begegnen, dass man denselben mit einem Schmiermittel bedeckt hat. Dies scheint sich nicht bewährt zu haben, wohl aber ist oft ein leichtes Einfetten, derart, dass das Fett nur in einer ganz dünnen Schichte auf dem Kollektor verteilt ist, von Vorteil gewesen. Bei modernen Maschinen ist es gar nicht mehr notwendig, die Bürsten so stark anzupressen, wie dies früher bei minder gut disponierter Dynamos wohl notwendig gewesen ist; deshalb ist auch die mechanische Beanspruchung des Kollektors nunmehr eine der geringsten Ursachen des Verschleisses des Kollektors, welchen man bei sorgfältiger Bürsteneinstellung lange Zeit sehr glatt, selbst mit einer Art dunklerer Patina versehen, erhalten kann.

Wenn der Kollektor trotz guter Behandlung dennoch einmal unrund geworden ist, so muss man ihn abdrehen. Hierfür enthalten die Betriebsvorschriften der Fabriken die nötigen Angaben.

Es kommt vor, dass eine Maschine beim Anlaufen keine Spannung gibt; an den Bürsten treten zwar kleine Sammelfunken auf, aber das Voltmeter gibt keinen Ausschlag. War die Maschine schon in Betrieb, so ist die wichtigste Aufgabe, zu untersuchen, ob alle Kontakte und Verbindungen in Ordnung sind, und ob die Magnete erregt sind. Von dem letzteren kann man sich, insbesondere ob es gleichmässig der Fall ist, überzeugen, indem man eine Magnetnadel, bei Fehlen derselben einen Eisenstab in die Nähe der Magnete bringt, welcher dann scharf und an beiden Polen gleichmässig angezogen werden muss. Aus der Magnetnadel erkennt man auch die Pole des Magnetes und bezeichnet dieselben auf alle Fälle mit Kreide oder dergleichen. Ferner prüft man die Pole des Ankers, indem man dünne Drähte von jedem derselben zu einem auf einem Brettchen liegenden, angefeuchteten Stücke blauen Lackmuspapiers führt (positiv schreibt rot). Auch benützt man einen Polsucher, in dessen Flüssigkeit an der mit der negativen Klemme verbundenen Kugel eine intensive rote Färbung auftritt.

Gibt die Maschine nach Revision der Verbindungen auf ihr Festhalten und Kontaktvermitteln weiter keinen Strom, so muss nachgesehen werden, ob die Verbindungen elektromagnetisch richtig bewirkt wurden. Aus der eben angemerkten Polarität der Magnetpole und der Dreh-

richtung des Ankers kann man nach bekannten Regeln diejenige Bürste bestimmen, bei welcher der positive Strom die Tendenz hat, auszutreten.

Nun untersucht man die Richtung der Windungen auf den Magnetschenkeln und beachtet, dass der positive Strom den Magnetschenkel entgegengesetzt dem Uhrzeiger umfliessen muss, wenn an der Beschaustelle ein Nordpol entstehen soll. Danach kann man leicht die richtige Verbindung der Drähte herstellen. Nützt auch dieses nichts, so müssen die Drähte mittels einer Klingel und eines Elementes auf Leitungsfähigkeit untersucht werden, weil der Verdacht nahe liegt, dass sie

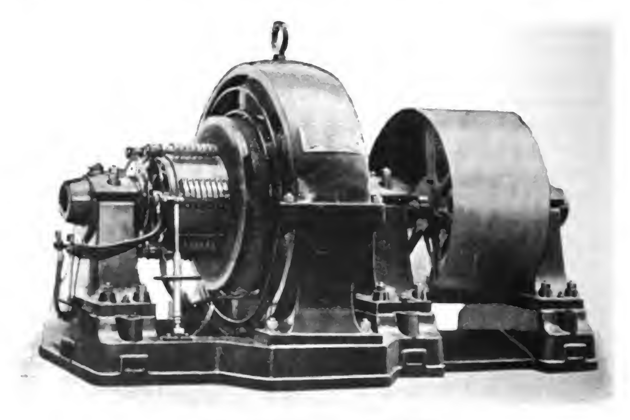


Fig. 20. Gleichstrom-Dynamo 100 K.-W.

unterbrochen sind, worauf bei wirklichem Eintreten dieses Falles die Maschine zu demontieren und abzuwickeln sein wird.

Oft ist der remanente Magnetismus gering, etwa auf einem Transporte oder durch starke erschütternde Schläge beeinträchtigt. Dann ist es zweckmässig, die Maschine neu zu erregen, wenn man hierzu Gelegenheit hat, bei Vorhandensein andern Dynamos oder von Akkumulatoren. Jedoch sind hierbei auch die Stromleitungen genau zu untersuchen, damit keine unrichtige Nachmagnetisierung bewirkt wird.

Hat nun die Maschine regelmässig ihren Betrieb geleistet, so wird sie dadurch abgestellt, dass man den Magnetwiderstand vermehrt und endlich ganz ausschaltet, worauf die Maschine geputzt und für den nächsten Betrieb in stand gesetzt wird.

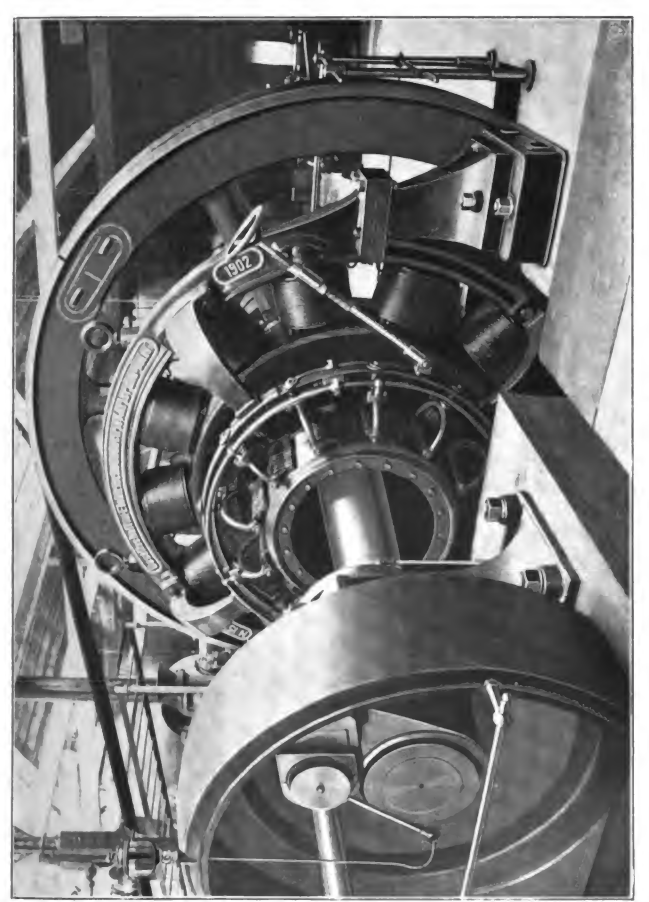


Fig. 21. Gleichstrom-Dynamo 275 K.-W.

Es ist fehlerhaft und sollte nicht einmal im äussersten Falle geduldet werden, die Maschine durch plötzliches Ausschalten mit dem Hauptausschalter abzustellen, weil in diesem Falle ein heftiger Extrastrom im Anker induziert wird, welcher den Anker verbrennen kann.

Dennoch kann es Fälle geben, wo man selbst auf diese Gefahr hin rasch ausschalten muss, um anderen gefährlichen Erscheinungen zu begegnen.

Gute Maschinen moderner Konstruktion zeigen die folgenden Figuren:

Fig. 20. Gleichstrom-Dynamo 100 Kilowatt, Gesellschaft für elektrische Industrie, Karlsruhe.

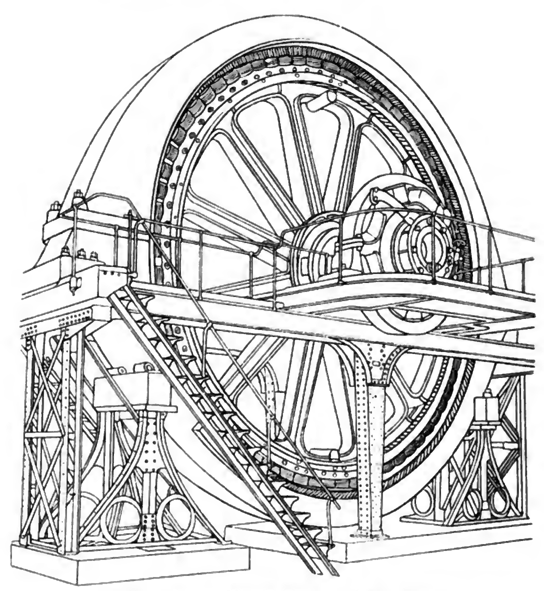


Fig. 22. Drehstrom-Generator 4000 P.-S. A. E.-G. Berlin.

Fig. 21. Gleichstrom-Dynamo 275 Kilowatt, derselben Firma.
Fig. 22. Drehstrom-Generator 4000 P.S. Allg. El.-Ges. Berlin.
Fig. 23. Drehstrom-Generator der Oest. Union El.-Ges. Wien.
Fig. 24. Wechselstrom-Generator (Ständer) der Oesterr. Union Elektr.-Gesellsch. Wien.

Hinsichtlich der Prüfung des Isolationswiderstandes, welcher während des Betriebes mit Hilfe der bekannten Erdschlussprüfer beobachtet und in stromlosem Zustand des Netzes mit den bekannten

Isolationsprüfern untersucht wird, möge eine Methode hier Erwähnung finden, welche von Frisch herrührt und die Isolationsmessung während des Betriebes mit voller Betriebsspannung bezweckt. Allerdings ergibt diese Methode nur den Isolationswiderstand des gesamten Netzes.

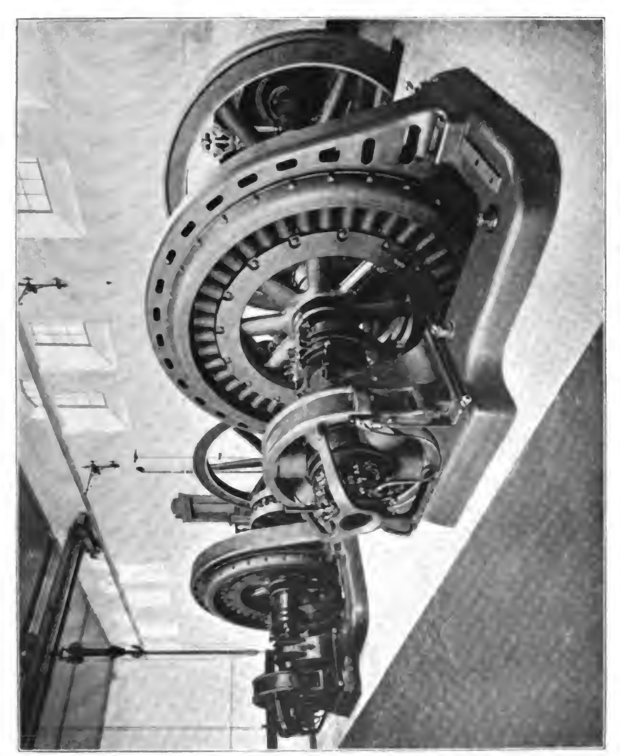


Fig. 28. Drehstrom-Generator d. Oesterr. Union. E.-G. Wien (Wels).

Ergeben sich Fehler, so ist es natürlich notwendig, dieselben unter einzelner Vornahme der Leitungen während der Betriebspausen zu suchen, aber man kann sich immerhin über die Grösse der Fehler bezw. über die Tauglichkeit der Leitung nach der Frischschen Methode auch während des Betriebes gut Rechenschaft geben.

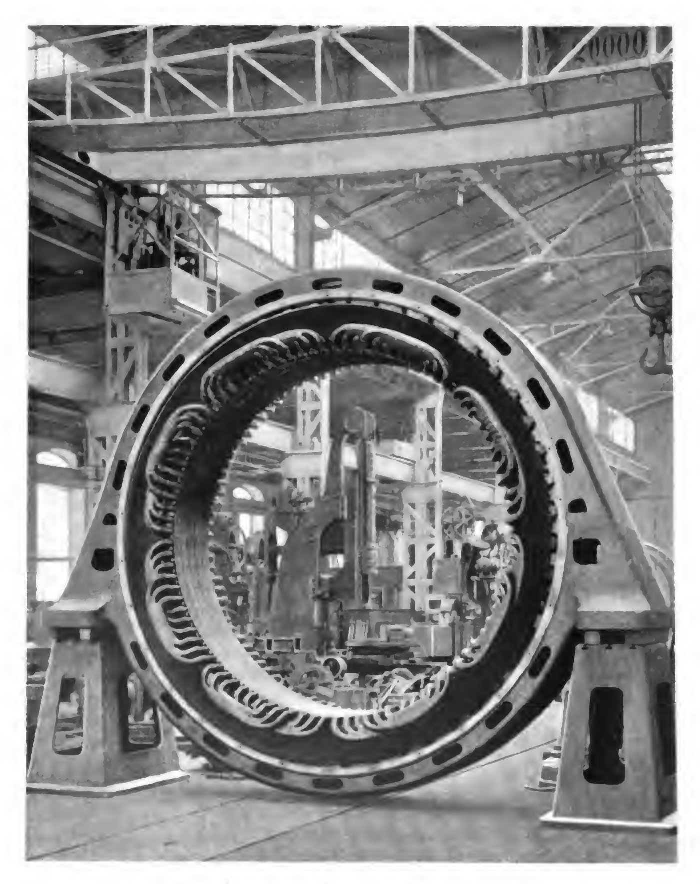


Fig. 24. Ständer eines Wechselstrom-Generators. Union E.-G.

Diese Methode beruht auf der Schaltung eines Galvanometers von bekanntem Widerstand derart, dass dasselbe mittels zweier Umschalter einerseits an „Erde“, anderseits an die zu messenden Leitungen gelegt

werden kann. Wenn also die Spannungsdifferenz zwischen den beiden zu messenden Leitungen bekannt ist, so findet man, wie Frisch in der E. Z. 1889, S. 218 ff. ausführt, den Widerstand, indem man mit Hilfe des Galvanometers die von beiden Leitungsteilen zur Erde fliessenden Stromstärken misst.

9. Bauliche Anordnung.

Die Gebäude der Elektrizitätswerke werden in dem heute gebräuchlichen Stil für Maschinengebäude aufgeführt, und man kennt hierin eine gewisse Vornehmheit, um nicht zu sagen einen Luxus, der sehr angenehm von den früheren Gepflogenheiten absticht, den Maschinen einen gerade genügenden, sonst aber für die Fabrikationszwecke, meist aber auch für die Maschinen ungeeigneten, untergeordneten Raum anzuweisen.

Die Maschinengebäude für Turbinenanlagen werden aus Stein sehr solid gebaut. Doch kommen auch eiserne Bauten mit Wandauskleidung aus Korkplatten und Holzbauten mit Doppelwänden vor, welche dort ganz zweckmässig sind, wo das Klima und die Schneeverhältnisse nicht gebieterisch Steinbauten fordern.

Die Gebäude für Dampfanlagen haben in der Regel die Rücksichten auf Klima, Feuchtigkeit infolge des zerstäubten und verdunsteten Wassers und etwaige Lage in einer Talschlucht usw. nicht zu nehmen; sie stehen meist an vollständig trockenen Orten und haben unter Schnee, Eis und Wettereinflüssen nicht in ähnlichem Grade zu leiden, wie Bauten an Wasserläufen; deshalb können für sie ohne weiteres Backstein- oder Riegelbauten in Verwendung kommen, wogegen man Holz wegen der Feuersgefahr auf ein Minimum beschränkt.

Die Fundamente werden meist aus Beton gemacht. Die Räume müssen so disponiert werden, dass sie genügend Platz für den Betrieb und die Bedienung der Maschinen bieten, genügend hell sind, damit Tagesarbeiten der Revision ohne Lampen gemacht werden können, und entsprechend hoch sind, um eine gute Lüftung zu gestatten. Häufig macht man eiserne Dächer, welche im Kesselhaus von unten frei erreichbar sind; die übrigen Räume werden gesondert eingedeckt, da sonst das sich am Dache bildende Kondenswasser lästig wird. Die Decken werden aus Holz gefertigt. Wenn aus irgend welchen Gründen verputzte Rohrdecken in Anwendung kommen, so ist es notwendig, dieselben mit starkem weissem Papier zu spalieren, damit nicht der beim Austrocknen bröckelnde und leicht abfallende Mörtel in die Maschinen fällt. Die Wände erhalten Putz und Tünche, auch Oelanstrich. In Hochspannungsanlagen werden dieselben bis Mauerhöhe mit Steingut-

platten ausgelegt. Doch ist Holz in diesem Falle technisch gleichwertig und billiger.

Der Fussboden wird in Kesselhäusern mit Eisenplatten belegt oder aus Zementputz über hochkant gestellte Ziegel hergestellt, in Maschinenräumen wird fast ausschliesslich Klinkerpflaster mit Gummibelag um die Maschinen verwendet. Akkumulatorenräume erhalten einen Asphaltestrich; der Verputz in denselben braucht nicht mehr weggelassen, die Mauern nicht mehr, wie früher Vorschrift war, asphaltiert zu werden, weil man aus gutem Gips säurefesten Putz herstellen kann.

Die relative Lage der Räume richtet sich nach so vielen Umständen, dass nur ganz allgemeine Gesichtspunkte dafür gegeben werden können; der Maschinenraum soll sowohl nahe an Kessel- oder Turbinenraum liegen, als auch die Fortleitung der Kabel leicht ermöglichen. Der Akkumulatorenraum darf gleichfalls nicht weit vom Maschinenraum entfernt sein, damit nicht allzulange Leitungen erforderlich werden.

Hinsichtlich der Fortleitung von blanken Drähten benützt man, um von der Lage des Maschinenraumes im Gebäude unabhängig zu sein, einen sog. Kabelturm, ein turmartiges, gedecktes Gerüst aus Holz oder Eisen, innerhalb dessen die Leitungen unmittelbar von den Schaltapparaten als isolierte Leitungen emporgeführt und nach Durchführung durch die Verschalung als blanke Leitungen nach allen Richtungen weitergeleitet werden.

Es hat keinen Zweck, die Baulichkeiten der Zentralen, wie dies bei grossen städtischen Werken heute beliebt ist, enorm viel grösser zu machen, als die Anforderungen des Betriebes und der Bedienung erheischen, wenn man auch nicht leugnen kann, dass dies einen angenehmen Eindruck macht.

Im folgenden mögen einige Anhaltspunkte über die Bedienungsräume gegeben werden, welche nach Belieben überschritten werden können, nie aber unterschritten werden sollten:

Im Kesselhaus ist darauf zu sehen, dass der Raum zwischen Kesselstirnwand und Gebäudemauer oder Abgrenzung des Kesselhauses so gross ist, dass ausser einem Platz für den unmittelbaren Verbrauchsvorrat an Kohle noch genügend Raum bleibt, um das Feuer richtig und gut schüren und Kohle ordentlich aufwerfen zu können. Dieser Raum richtet sich zumeist nach der Länge des Rostes, darf aber nie unter 2 m gewählt werden. Auch ist bei Röhrenkesseln auf die Lage und Länge der zu putzenden Röhren Rücksicht zu nehmen. Die wenigsten Kessel sind ohne weiteres derart einzubauen, dass sie an beiden Seiten Nachbarkessel haben, weil dann die Zugänglichkeit und die Möglichkeit des Reinigens der Züge leidet. Man tut also gut, zwischen je zwei

Kesseln einen Raum von etwa 1—$1^1/_2$ m zu lassen, welcher an jenen Stellen, wo sich keine Putztüren befinden, zur Aufstellung von Speisepumpen verwandt werden kann. Hinter den Kesseln soll ein Raum von 1 m bleiben, in welchem eine aufklappbare Leiter angebracht wird, welche auf den Kessel hinaufführt.

Bei hohen Kesseln ist auch auf die Zugänglichkeit der Wasserstandzeiger zu sehen.

Oberhalb des Kessels, immer vom Mauerwerk an gerechnet, muss so viel Raum sein, dass man bei Bedienung der Ventile und Feuerzugseile aufrecht gehen kann.

Im Kesselhaus wird auch zumeist Platz gefunden, um ein Wasserklärbecken anzubringen, entweder oberhalb des Kessels oder unter dem Fussboden zwischen den Kesseln. Die Klärbecken enthalten Wände aus Holz oder Eisen, welche wegen der Reinigung herausgenommen werden können und von denen die eine über den Wasserspiegel ragt, aber nicht bis zum Boden geht, die andere auf dem Boden aufsteht, aber nicht bis zum Wasserspiegel reicht. Dadurch entstehen drei Abteilungen; in der ersten, in welcher das Wasser zufliesst, sammelt sich an der Oberfläche alle Verunreinigung, welche leichter ist wie Wasser, auf dem Boden der ersten und zweiten setzt sich alles ab, was schwerer ist wie Wasser, und dieses fliesst daher ganz gereinigt in die dritte Abteilung, von welcher sie in den Kessel gepumpt werden kann. Die Betrachtung der chemischen Reinigung würde hier zu weit führen, sie sei daher nur erwähnt, damit eventuell auf ihre Aufstellung, welche ziemlich viel Platz braucht, Rücksicht genommen werden kann.

Die Rohrleitungen werden womöglich kurz, also gerade, jedoch den Hauptrichtungen des Gebäudes folgend, nur mit den zur Entwässerung erforderlichen Neigungen angelegt; man stellt sie jetzt meistens aus schmiedeeisernen Röhren her, während Gusseisen seltener, Kupfer nur mehr zu Krümmern oder Bogen verwendet wird, welche der Ausdehnung der Rohre durch die Dampfwärme etwas nachgeben sollen. Offene Rohre werden jedenfalls mit Wärmeschutzmasse umgeben oder ober die Decke des Raumes verlegt und mit einem Holzkasten umgeben, der mit Asche gefüllt wird.

Bei Auspuff von Dampf ist zu beachten, dass die Kondensationsprodukte nicht das Gebäude oder einzelne Teile desselben schädigen.

Maschinen, Dynamos, Transmissionen sollen auch während des Betriebs zugänglich sein, und zwar gilt dies hauptsächlich von den Lagern bezüglich der Schmierung. Bei allen Stellen, wo irgend eine Gefahr für die Bedienungsmannschaft entstehen kann, sind Schutzvorrichtungen vorgeschrieben. Zahnradantriebe sind zu verdecken, Seil-

triebe sollen Fangeisen für losgewordene Seile bekommen, deren Wert jedoch problematisch ist; ebenso problematisch, zuweilen sogar die Gefahr im Augenblick eines Unfalls vergrössernd, sind manche Schutzvorrichtungen für die Riemen. Bei gewissenhafter Herstellung der Anlagen wird man die erforderlichen Schutzmassregeln in genügendem Mass vorkehren und es bleibt hinsichtlich der Beurteilung derselben nichts anderes übrig, als den Anordnungen der Behörden Folge zu leisten, da man oft bei Geltendmachung anderer, selbst besserer Ueberzeugung keinen Erfolg hat und bei Befolgung der Vorschriften wenigstens von den Folgen eines trotzdem eintretenden Unfalls erheblich entlastet wird.

Die Entfernung eines Riemens von der Wand soll bei einseits freitragender Scheibe mindestens so gross sein, dass man den Riemen leicht abwerfen und aufbringen kann. Ist keine Scheibe freitragend, so gibt das Gestell der Maschine, bezw. die Dimension der Lager, die Entfernung des Riemens von der Wand an. Bei den Dynamos ist eine Aufstellung zu vermeiden, bei welcher der Kollektor oder ein Teil, welcher Bedienung braucht, hart an die Wand zu stehen kommt. Der geringste Raum um den Kollektor herum ist mit 800 mm zu bemessen. Blosse Durchgangsräume, etwa zwischen zwei Riemen, können zwischen den Schutzstangen auf 700 mm ermässigt werden. Die Knappheit der Anordnung findet auch darin ihre Grenzen, dass es vermieden werden muss, dass das aus einzelnen zu schmierenden Teilen träufelnde Oel auf andere Maschinen oder deren Teile tropft oder auf sie geschleudert wird. Man wählt soweit als tunlich geschlossene Lager, wendet Tropfrinnen und Tropfschalen an, wo erforderlich, können auch Abstreifer angebracht werden.

Wenn es notwendig ist, die Transmission nahe an die Wand zu legen, so dass für grössere Scheiben Nischen in der letzteren gemacht werden müssen, so sollen diese gleichfalls mit Rücksicht auf das Auf- und Ablegen des Riemens bemessen werden.

Man ist hinsichtlich der Aufstellung der Dynamos nicht an den Fussboden und an Fundamente gebunden; es können auch andere entsprechende Konstruktionen (Konsolen, Säulen) oder die Aufstellung auf Gewölben mit Traversen gewählt werden, ohne die Betriebssicherheit zu beeinträchtigen.

Grössere Maschinen hat man, wenn ihre etwaigen Erschütterungen Belästigungen erwarten lassen, auf gesonderten, mit der Umgebung nicht zusammenhängenden, durch Schlitze von ihr getrennten Fundamenten aufgestellt, welche überdies durch eine Unterlage aus Asphaltbeton isolierend gemacht wurden. Leider wird hierdurch nicht viel erreicht, weil die Pflasterung des Raumes doch meist über die Schlitze gehen muss.

Die Verbindungsleitungen zwischen Dynamos und Schaltapparaten werden meist in Kanäle verlegt oder noch besser aus Panzerkabeln angefertigt, welche direkt in den Fussboden eingelegt werden.

Die Schaltwand muss leicht zugänglich, übersichtlich angeordnet und für die Bedienung ungefährlich sein.

Akkumulatorenräume soll man nicht nahe an die Kesselwand oder an den Schornstein legen, weil den Akkumulatoren kühle Räume vorteilhafter sind.

Bei der Kombination von Wasserkraft und Dampfkraft wird die Anlage so disponiert, dass die erstere immer mit ihrer ganzen verfügbaren Stärke arbeitet und dass nur der jeweilige Ueberschuss an Bedarf vom Dampf geleistet wird. Ist die Wasserkraft aber von Grundeis und Laubrinnen stark abhängig oder können länger dauernde Entziehungen des Wassers zufolge des Rechtes oberer Anrainer, Stauteiche zu füllen, vorkommen, so muss die Turbine von der Transmission, auf welche sie naturgemäss gemeinsam mit der Dampfmaschine arbeitet, loszukuppeln sein; denn bei vollkommenem Abstellen des Wassers würde dieselbe die Dampfmaschine nur mehr belasten.

So wenig Einfluss scheinbar darin gelegen sein mag, so hat es sich dennoch bewährt, bei Parallelbetrieb von Dampf und Wasser, der ja vorwiegend im Winter bei hohem Strombedarf vorkommt, die heissen Abwässer der Dampfmaschine in das Wassergerinne oberhalb der Turbine einzuleiten, weil dann sowohl das Aufschlagswasser länger eisfrei bleibt, vorwiegend aber, weil längere Zeit verhindert wird, dass das Eis, wenn es schon nicht ganz zerstört wird, sich an den Zellenwänden der Turbine ansetzt und diese durch Verstopfen betriebsuntauglich macht.

Ausser den genannten Räumen werden in Elektrizitätswerken noch Räume für eine Werkstätte, ein Depot und häufig auch eine Betriebskanzlei und eine Wohnung für den Maschinisten oder wenigstens für Wärter oder Wächter angelegt.

Bei Anlagen mit Benzin- oder Petroleummotoren werden alle nicht direkt zum Betrieb gehörigen Räume weggelassen.

Was den Betrieb der Werke anlangt, so unterliegen sie den Vorschriften für den Betrieb maschineller Anlagen, erfordern also eine Genehmigung und die Betriebsführung durch mindestens eine qualifizierte Person, welche bei Dampfanlagen auch noch geprüfter Heizer sein oder einen solchen zur Seite haben muss.

Die modernen Anforderungen gehen selbst bei kleinen Werken dahin, dass dem Konsumenten immer dann Strom geliefert wird, wenn derselbe davon Gebrauch machen will; dass also die Leitungen kontinuierlich unter Strom stehen, während es von Umständen abhängt, ob man das Werk selbst kontinuierlich betreiben kann oder will.

Bei Wasserkraft ist dies ohne erhebliche Kosten, ausser denjenigen der Löhne, ohne weiteres möglich und zulässig; bei Dampf aber entstehen bei geringer Ausnutzung der Maschinen und Kessel relativ hohe Kosten an Brenn- und Schmiermaterial, sowie an Löhnen und Reparaturen, welche es jedenfalls erfordern, über die Anwendung von Akkumulatoren schlüssig zu werden, oder aber, wenn es sich um die Abgabe von motorischer Kraft handelt, nachzuweisen, dass dieselbe in dem geplanten Ausmasse und bei dem zu erwartenden Erträgnis auch wirklich rentabel ist.

Zumeist tritt an die Konzessionäre eines Elektrizitätswerkes das Ansinnen heran, den Strom für motorische Kraft ausnehmend billig herzugeben, und es finden sich auch nur unter dieser Voraussetzung Konsumenten. Wenn aber diese nicht so zahlreich oder ihr Verbrauch nicht so erheblich ist, dass wenigstens die unmittelbaren Mehrauslagen an Löhnen, Kohle und Verbrauchsmaterial gedeckt werden, so verzichtet man auf den Anschluss von Motoren, die man selbst in Gleichstromwerken nur während der Ladung der Akkumulatoren rationell betreiben könnte. Motoren von den Akkumulatoren zu betreiben, wäre sehr unrationell und würde eine enorme Batterie erfordern. Man tut also in einem solchen Falle besser, die Einnahme aus den Motoren, wenn sie auch sehr verlockend ist und stets gepriesen wird, abzulehnen, ehe man kräftig daraufzahlt. Kleinste Motoren, welche nicht mehr Strom brauchen, als einige Glühlampen, kommen hierbei nicht in Frage.

In neuerer Zeit ist es beliebt, den Konzessionären Betriebsverträge zu oktroyieren, in welchen recht ungünstige Bestimmungen hinsichtlich des Heimfallsrechtes, die Gebühr für die Strassenbenutzung, der Ablösung usw. vorkommen, welche ein bedeutendes Risiko mit sich bringen und den Konzessionär belasten. Daher darf man bei der Beurteilung des Preises einer Lampe im Pauschal oder des Einheitspreises für die Hektowattstunde niemals ohne Kenntnis aller Umstände urteilen. Insbesondere tritt, wie schon erwähnt, bei der Pauschalierung der Nachteil der wahrscheinlicheren Ueberbenutzung von Lampen und der verminderten Kontrolle, bezw. des leichteren Missbrauches auf, weshalb alle Lampen in Elektrizitätswerken mit pauschaliertem Strom eine erheblich grössere Benutzungsdauer zeigen, als die angegebene, wodurch dann natürlich insbesondere bei Dampfwerken die Kosten der Kohlen sehr steigen können.

Es hängt dabei auch sehr von der Preiswürdigkeit der verwendeten Materialien ab, d. h. von dem effektiven Preis im Verhältnis zu dem technischen Wert. Dies kommt besonders bei Kohle sehr in Frage, weil hier die Fracht eine bedeutende Rolle spielt und den Preis der schlechten Kohle bei halbwegs namhafter Entfernung derart hinauf-

schraubt, dass es immer rationeller ist, die beste Kohle zu verwenden. Dasselbe gilt von der Verwendung der verschiedenen Schmiermittel. Hier kann man speziell bei Elektrizitätswerken insofern bedeutend sparen, als die Schmierstoffe durch Seihung zu wiederholter Benützung geeignet gemacht werden können, wenn auch nicht ganz für dieselben Zwecke. So kann man z. B. Dynamo- und Regulatoröl nach Abstehenlassen und Seihen noch ohne weiteres für die Dampfmaschine, dann weiter für die Transmissionslager und endlich vorkommenden Falls noch für Unterwasserschmierung an Turbinen verwenden.

Die Betriebs- und Instandhaltungsregeln werden teils von den betreffenden liefernden Fabriken gegeben, teils fallen dieselben in die Regeln eines allgemeinen maschinellen Betriebes, weshalb sie als bekannt vorauszusetzen und hier nicht weiter zu behandeln sind.

Zweiter Abschnitt.

Leitungen.

1. Material.

Das elektrische Verbindungsglied zwischen Stromquelle, als welche wir eine Dynamomaschine, einen Akkumulator, einen Transformator, in letzter Linie auch eine Schalttafel, einen Verteiler oder eine Unterstation ansehen können, und zwischen Verbrauchsstelle bilden die elektrischen Stromleitungen. Hierbei ist als Verbrauchsstelle jede Vorrichtung oder Apparat anzusehen, in welchem durch Vernichtung elektromotorischer Kraft und unter Verbrauch von Strom die zugeführte elektrische Energie in irgend eine andere Energieform verwandelt wird. Diese anderen Formen der Arbeit sind entweder die mechanische (Motorenbetrieb), die chemische (Akkumulatoren) oder die thermische (Glüh- und Bogenlampen, Schweissung u. dergl.).

Das Material für die Leitungen ist natürlich ein Metall, weil die Metalle grosse Leitungsfähigkeit besitzen und eine leichte Herstellung der Drähte bezw. Kabel gestatten. Auch haben sie zufolge der hohen Festigkeit vorwiegend die Eignung, den mechanischen Anforderungen Rechnung zu tragen.

Man hat hierbei ausser auf grosse Leitungsfähigkeit auch auf geringes Gewicht und geringe Gestehungskosten zu sehen.

Es eignen sich also für Leitungen wegen des geringen spezifischen Widerstandes und annehmbaren Preises: Kupfer, ferner Phosphorbronze

und Siliciumbronze. In Fällen, wo man in einen Stromkreis einen Widerstand legen will, den man bei der Wahl von Kupfer als besonderen Apparat einschalten müsste, verwendet man mit Vorteil Eisendrähte oder Drähte aus Neusilber, Nickelin u. s. w. direkt zur Herstellung eines Teiles des betreffenden Stromkreises.

Auch Aluminium und Aluminiumbronze beginnen in die Reihe der praktisch verwendbaren Materialien zu treten, da ihr Preis sehr im Sinken ist, und sie einen grossen Widerstand gegen chemische Einflüsse der Umgebung zeigen.

Das Aluminium hat ca. den zweifachen Widerstand wie das Kupfer (0.032 : 0.018); daher bekommt bei gleicher fortgeleiteter Energie und gleichem Spannungsverlust eine Leitung aus Aluminium doppelten Querschnitt, also auch das doppelte Volumen, wie eine Kupferleitung. Da aber Aluminium ein spezifisches Gewicht hat (2.67), welches sich zu dem des Kupfers (8.8) verhält, wie 1 : 3.2, so wird dieses doppelte Volumen Aluminium doch nur etwa $^2/_3$ von dem erforderlichen Kupfervolumen wiegen. Wenn also der Preis des Aluminiums bis auf $^3/_2$ jenes des Kupfers sinkt, so wird der Punkt erreicht, wo Leitungen aus beiden Metallen gleich teuer sind, wenigstens was das eigentliche Leitungsmaterial ohne Rücksicht auf die Festigkeit anlangt. Der Unterschied in der Festigkeit des Aluminiums ist nun hierin wohl nicht berücksichtigt, aber ebenso wenig die Ersparnisse an Material und Arbeit für Stützen, Isolatoren, Maste und Verankerungen. Es ist also vorauszusehen, dass bei nur mehr geringerem Sinken des Aluminiumpreises der Zeitpunkt erreicht sein wird, wo Aluminiumleitungen billiger werden, als Kupferleitungen.

2. Berechnung.

Hinsichtlich der Berechnung der Leitungen nach der Festigkeit wird von allen Ausführungs- bezw. Sicherheitsvorschriften eine bedeutende Sicherheit, meist eine fünffache, verlangt. In Hütten und Gruben sind aber ausserdem noch die Vorschriften und Massnahmen zu beachten, welche sich auf Hintanhaltung mechanischer und chemischer Beschädigung der Leitungen beziehen.

Freileitungen dürfen aus Rücksicht auf die Festigkeit gegen Sturm und Schneelast gleichgültig, dass dadurch ein oft viel geringerer Spannungsverlust auftritt, nicht dünner gemacht werden, als 6 mm² in geschlossenen Fabrikshöfen, 10 mm² im Freien (beides für Spannungen unter 300 Volt Wechselstrom oder 600 Volt Gleichstrom). Bei höherer Spannung darf nur 20 mm² Querschnitt gewählt werden, entsprechend rund 5 mm Durchmesser, eine Vorschrift, welche besonders bei weit

ausgedehnten Hochspannungsnetzen eine bedeutende Erschwerung für die Anlage bedeutet und zur Feststellung durch eine behördliche Vorschrift im Interesse der Elektrotechnik nicht ohne weiteres empfohlen werden kann, weil durch sie die Kosten von Fernleitungen unter Umständen unerschwinglich gross würden und die Durchführbarkeit einer Anlage in Frage stellen könnten.

Die Berechnung der Leitungen bezüglich ihres Querschnittes erfolgt unter den nachstehenden Gesichtspunkten:

1. Zufolge des elektrischen Widerstandes, welcher jedem Körper anhaftet, erfährt derselbe durch den durchfliessenden Strom eine Erwärmung, welche sehr erheblich sein und den Draht auch zum Glühen und Abschmelzen bringen kann. Dieser Eigenschaft bedient man sich bei den Apparaten, welche zu dem Zwecke angebracht werden, um die Leitungen bei übermässiger Stromsteigerung selbsttätig von der Stromquelle zu trennen.

Für die Leitungen selbst jedoch ist eine Erwärmung nur bis zu einem gewissen Grade zulässig, bei welchem die Umgebung und die zur unmittelbaren Umhüllung und Befestigung der Drähte gehörenden Stoffe selbst bei dauernder Einwirkung der betreffenden Erwärmung keinen Schaden leiden.

Daraus ergibt sich die Berechnung der Leitungen nach den Grundsätzen der Feuersicherheit.

Wie weit man die Feuersicherheit treiben will, ist Ansichtssache, und es bestehen hierüber auch verschiedene Vorschriften, z. B. des Wiener elektrotechnischen Vereins und des Verbandes der deutschen Elektrotechniker, in welchen die Temperaturerhöhung je nach der Art der Umhüllung und der Umgebung festgesetzt ist. In der Regel darf die Temperatur, welche die Umgebung zufolge der Erwärmung des Drahtes annehmen kann, in der Grube bei Baumwollumspinnung der Drähte nicht mehr als 35°, bei Gummi 50°, bei unverbrennbaren Stoffen 60° erreichen.

Das Gesetz der Erwärmung ist durch folgende Gleichung gegeben. $T = c \,.\, J^2 \,.\, w = c \,.\, J \,.\, e$, darin ist c eine Konstante, welche von der Art der Umhüllung und Anbringung und von dem Zustande der Drähte abhängt.

Wenn man nun T nach den Rücksichten der Umhüllung, Anbringung und Umgebung feststellt, so erhält man ein Produkt $J \,.\, e$, welches den in der Leitung auftretenden Energieverlust darstellt, der sich in Wärme umsetzt. Wenn nun die Stromstärke J gegeben ist, so erhält man daraus die zulässigen oder auftretenden Spannungsverluste, oder umgekehrt aus dem Spannungsverlust die Stromstärke und aus

beiden den zulässigen Widerstand der Leitung und den feuersicheren Querschnitt.

Ueber die feuersichere Beanspruchung der Drähte geben die bekannten Regulative folgende Vorschriften:

Querschnitt	mm²	Betriebsstrom	A	Stromdichte	A pro mm²
Querschnitt 0,75	mm²,	Betriebsstrom 3	A,	Stromdichte 4	A pro mm²
„ 1	„	„ 4	„	„ 4	„ „ „
„ 1,5	„	„ 6	„	„ 4	„ „ „
„ 2,5	„	„ 10	„	„ 4	„ „ „
„ 4	„	„ 15	„	„ 3,75	„ „ „
„ 6	„	„ 20	„	„ 3,33	„ „ „
„ 10	„	„ 30	„	„ 3,00	„ „ „
„ 16	„	„ 40	„	„ 2,5	„ „ „
„ 25	„	„ 60	„	„ 2,4	„ „ „
„ 35	„	„ 80	„	„ 2,3	„ „ „
„ 50	„	„ 100	„	„ 2,0	„ „ „
„ 70	„	„ 130	„	„ 1,8	„ „ „
„ 95	„	„ 160	„	„ 1,6	„ „ „
„ 120	„	„ 200	„	„ 1,6	„ „ „
„ 150	„	„ 230	„	„ 1,5	„ „ „
„ 210	„	„ 300	„	„ 1,4	„ „ „
„ 300	„	„ 400	„	„ 1,3	„ „ „
„ 500	„	„ 600	„	„ 1.2	„ „ „

Die Abnahme der Stromdichte mit der Zunahme des Querschnittes ist dadurch zu erklären, dass der Querschnitt im quadratischen Verhältnis mit dem Durchmesser zunimmt, während die Oberfläche nur im linearen Verhältnis mit letzterem wächst; da nun die Oberfläche allein es ist, welche die der Erwärmung entgegenwirkende Wärmeausstrahlung und Ableitung vermittelt, so sinkt auch letztere im Verhältnis zu ersteren, wenn der Querschnitt zunimmt.

2. Die zweite Reihe von Grundsätzen, welche bei der Berechnung von Leitungen massgebend sein können und auch in weitaus der Mehrzahl der Fälle massgebend sind, beruht auf der Rücksicht auf die zulässigen Spannungsverluste.

Für die Berechnung einer Leitung ist naturgemäss die geforderte Leistungsfähigkeit bezw. die durch die Leitung zu übertragende Nutzleistung gegeben.

Es bleibt dann die Spannung, mit welcher diese Leistung J . E erzielt werden soll, der Wahl oder den Umständen überlassen, oder man hat diese Grössen zu ermitteln mit Rücksicht auf die Kosten und die Herstellung der Leitung.

Die allgemeine Beziehung zwischen den in einem Stromnetz herrschenden Grössen ist durch das Ohmsche Gesetz gegeben und zwar

$J = \frac{W}{E}$, worin J die Nutzstromstärke,
E die Nutzspannung und
W den Widerstand von Leitung und Verbrauchsstellen zusammen bedeutet.

Hierbei sind zwei Verlustquellen zu beachten: einerseits derjenige Teil der Stromarbeit, welcher verwendet werden muss, um den Widerstand der Leitung zu überwinden, und welcher zufolge der in Wärme umgesetzten Arbeit als Spannungsverlust zur Geltung kommt; anderseits diejenigen Teilströme, welche zufolge unvollkommener, eventuell fehlerhafter Isolation, d. h. elektrischer Trennung der Leitung von der Umgebung, ausserhalb der beabsichtigten Verbrauchsstellen in nutzloser, wenn nicht sogar schädigender Weise verschwinden und somit als eine die Verbrauchsstellen nicht erreichende Strommenge, als Stromverlust zur Geltung kommen. Diese abströmende Strommenge kommt namentlich bei den in neuer Zeit verwendeten Hochspannungsströmen zur Geltung, wo die entstehenden Büschelentladungen von Pol zu Pol jede Isolierung illusorisch machen.

Die erstere der genannten Verlustquellen ist mit dem Reibungswiderstande der Röhren gegen bewegtes Wasser, die letztere mit der Undichtheit von Packungen zu vergleichen.

Die Spannungverluste kommen bei der Berechnung der Dimensionen der Leitungen sehr in Betracht, während die Stromverluste bei der Wahl der die Leitung umhüllenden oder tragenden Körper und bei der technischen Ausführung der Leitungen sehr massgebend sind.

Man hat hierbei das Ohmsche Gesetz mit der Aenderung anzuwenden, dass man statt der Nutzspannung E den Spannungsverlust e und statt des Gesamtwiderstandes W den Leitungswiderstand w setzt, also $J = \frac{e}{w}$.

Die auf diese Weise ermittelte Stärke der Leitung nimmt auf die Erwärmung keine Rücksicht; deshalb muss man das Resultat dieser Berechnung erst mit dem feuersicheren Querschnitt vergleichen und dann unbedingt den grösseren wählen und die anderen Umstände diesem anpassen.

Die Berechnung der Leitungen nach dem Spannungsverlust erfolgt nun nach folgenden Angaben.

Ist J der Strom, welchen die Leitung führen soll,
w ihr Widerstand und
e der zulässige Spannungsverlust, so ist

$$J = \frac{e}{w} \text{ oder } w = \frac{e}{J}.$$

Nun ist aber der Widerstand einer Leitung, berechnet aus ihren Dimensionen q in Quadratmillimetern Querschnitt, l in Metern Drahtlänge und aus dem spezifischen Widerstand des Materials σ . . . $w = \frac{l \cdot \sigma}{q}$, wobei l die Gesamtlänge des für den betreffenden Verlust in Frage kommenden Drahtes, also unter Umständen der Hin- und Rückleitung bedeutet.

Daraus ergibt sich: $\frac{e}{J} = \frac{l \cdot \sigma}{q}$ und

als Querschnitt $q = \frac{J \cdot l \cdot \sigma}{e}$, oder als

Spannungsverlust $e = \frac{J \cdot l \cdot \sigma}{q}$.

Nach den gleichen Grundsätzen berechnet man den Isolationswiderstand einer Leitung, welchem man ein zulässiges Maximum an Stromverlust zugrunde legt. Der Isolationswiderstand einer Leitung ist jener Widerstand, welcher sich dem Stromübergang von einem Punkte der Leitung zu der Umgebung derselben bezw. zur Erde entgegensetzt. Das Maximum des verlorenen Stromes kann beliebig festgestellt werden; in der Regel lässt man nur wenige Prozente des Nutzstromes zu.

Wenn z. B. vorgeschrieben wird, das der Isolationswiderstand einer Leitung gegen Erde $\frac{1000000}{n}$ Ohm ist, wo n die Zahl der 16kerzigen Glühlampen à ca. 200 Ohm bedeutet, so sieht man daraus, dass z. B. bei einer Nutzlampe durch die Umhüllung dauernd $^1/_{5000}$ des Nutzstromes = 0,02 $^0/_0$ zur Erde abfliessen darf, während bei 100 Nutzlampen wegen der in der Regel stattfindenden weiteren Verzweigung des Netzes $^1/_{50}$ = 2 $^0/_0$ des Nutzstromes als Stromverlust zulässig erklärt wird. Da somit bei Vermehrung der Lampen schliesslich ein Isolationswiderstand sich ergeben würde, welcher nur dann gerechtfertigt ist, wenn die Leitungen eines weitverzweigten Netzes an demselben gleichmässig partizipieren, während er auch aus der Summe wesentlich besserer Isolationswiderstände mehrerer Leitungen und eines wesentlich schlechteren einer einzigen Leitung entstehen kann, so wäre die Vorschrift zweckmässig, dass das Minimum des Isolationswiderstandes nicht unter 10000 Ohm liegen darf.

Somit sollte die Formel für den Isolationswiderstand bei einem Glühlichtnetz sein

$$W_1 = 10000 + \frac{1000000}{n} \text{ Ohm},$$

wie dies auch in dem früheren Wiener Regulativ bestimmt war.

Die Isolationswiderstände nach der obigen Formel werden in Bergwerken, Bauereien u. dergl. nicht immer erreicht werden können; dann muss man sich dem Erreichbaren anbequemen und durch Vermehrung anderer Sicherheitsmassregeln und der Wachsamkeit in der Bedienung die Nachteile beseitigen.

Es ist selbstverständlich, dass es sich nicht bloss um eine einmalige Herstellung des entsprechenden Isolationszustandes einer Anlage, sondern um dauernd gute Erhaltung desselben handelt; daher ist es geboten, die Anlagen öfter im Jahr, jedenfalls aber nach irgendwelchen abnormen Vorkommnissen auf Isolationswiderstand zu prüfen und etwaige Fehler sogleich zu beseitigen.

Was die Wahl der einzelnen Werte in der Praxis anlangt, so kann man bei Hausanschlüssen, bezw. Leitungen in einzelnen Gebäuden, Bureaus, Schachtgebäuden u. dergl. 2% Spannungsverlust annehmen. Zu den letzten Abzweigleitungen von den Verteilern in die Zimmer wird ohne Rücksicht auf den Verlust ein Draht von mindestens $1\frac{1}{2}$ mm^2 Querschnitt gewählt, weil dünnere Drähte sich weit schlechter mit Rundzange u. dergl. behandeln lassen und bei sauberem Spannen nachlassen, sogar reissen. Es resultieren dann zwischen den Stromverbrauchern in den Gebäuden Spannungsverluste von kaum einigen Zehnteln Prozenten der Nutzspannung.

Bei den Zuleitungen und Speiseleitungen kann man bis 10% Spannungsverlust gehen, wenn die Belastung der einzelnen Zweige ziemlich gleichmässig ist und auch im Betriebe gleichmässig schwankt. Ist dies nicht der Fall, so wählt man nicht mehr als 5% Verlust, weil sonst in einzelnen Leitungen grosse Vorrichtungen zum Ausgleich der verschiedenen Spannungsverluste bei Voll- und Minderbelastung angewendet werden müssten.

Sehr vorteilhaft gestalten sich Anlagen mit Hochspannungs-Wechselstrom, weil man bei denselben auf gleichmässige Spannungsverteilung im Hauptnetze nicht so sehr Rücksicht zu nehmen braucht, da in den Transformatoren ein Mittel gegeben ist, durch die Wahl verschiedener Uebersetzungsverhältnisse trotz verschiedener Primärspannungen gleiche Sekundärspannung zu erzielen.

3. Der dritte Grundsatz, nach welchem man Leitungen berechnet, insbesondere, wenn dieselben grössere Ausdehnung haben, aus besonderen Gründen als Kabelleitungen hergestellt werden müssen, oder wenn sonst Anlass vorhanden ist, die Sparsamkeit des Betriebes mit in Rechnung zu ziehen, ist der wirtschaftliche Grundsatz.

Derselbe ist durch folgende Erwägungen zu kennzeichnen, in welchen die Rücksicht auf die gesamten, dem Elektrizitätsunternehmen punkto Leitung erwachsenden Kosten zutage tritt.

Diese Kosten setzen sich zusammen aus:

a) Verzinsung und Amortisation der Anschaffungskosten der Leitung, sowie Instandhaltungskosten.

b) Kosten jenes Teiles der Stromarbeit, bezw. der aufgewendeten mechanischen Arbeit, welcher zur Ueberwindung des Leitungswiderstandes verwendet und in Wärme umgesetzt wird.

Eine Leitung wird in ihrer Anlage und Instandhaltung um so billiger, je schwächer sie dimensioniert ist; mit den geringen Dimensionen steigen aber die Spannungsverluste und die durch dieselben verursachten Verluste an Stromarbeit, und es steigen auch die Investitionskosten für die Maschinen, weil dieselben bei grösseren Verlusten einen grösseren Mehrbetrag über die Nutzarbeit leisten müssen, als bei kleineren Verlusten.

Wenn man nun nach einer Methode, welche Hochenegg sehr klar dargelegt hat, diese einzelnen Kosten ermittelt, so ist die Leitung dann am günstigsten und entspricht am meisten den ökonomischen Grundsätzen, wenn die Summe der unter a und b verzeichneten Kosten ein Minimum wird.

Für diesen Punkt erhält man aus einfachen Rechnungen den wirtschaftlichen Querschnitt und den wirtschaftlichen Spannungsverlust, und zwar letzteren als absolute Grösse betrachtet, da er ganz und gar unabhängig ist von der Betriebsspannung selbst.

Wenn man nun aus anderen Gründen einen bestimmten Prozentsatz der Arbeitsleistung als Verlust gelten lässt, so kann man aus dem ökonomischen Spannungsverlust ermitteln, mit welcher Betriebsspannung man ein Leitungsnetz ökonomisch speisen soll.

Diese Betrachtungen ermöglichen es auch, verschiedene andere Fragen zu beurteilen, z. B. ob es rationeller ist, bei zwei möglichen Aufstellungsarten einer Zentrale in dem einen Falle Dampfmaschinen ohne Kondensation und kurze Fernleitungen, in dem anderen Falle Maschinen mit Kondensation und längere Fernleitungen zu wählen, welchen Einfluss der Preis und die Lage des zu wählenden Grundstückes und der Baulichkeiten auf die Kosten und den Betrieb der ganzen Anlage haben u. dgl. m.

Als wichtiges Ergebnis dieser Untersuchungen der Leitungen nach wirtschaftlichen Grundsätzen ist es zu betrachten, dass man dadurch auch zur Beurteilung kommt, welches System von Leitungen und Strom sich für den gegebenen Fall am besten eignet.

Die sämtlichen einschlägigen Fragen lassen sich nach Hochenegg in sehr übersichtlicher und eleganter Weise graphisch lösen. Es wird aber der Versuch einer kurzen Darstellung der Bedeutung des Gegenstands nicht entsprechen, während eine ausführlichere Behandlung den

Rahmen des vorliegenden Werkes überschreiten würde. Daher möge hier nur auf das betreffende Werk Hocheneggs verwiesen sein.

Wenn man nun von der früher angegebenen Formel ausgeht:

$$e\,q = \sigma\,.\,J\,l.$$

so kann man sich ein Diagramm aufzeichnen, welches bei allen Leitungsberechnungen, welche auf Kenntnis der Stromstärke beruhen, eine erhebliche Erleichterung bietet.

Aus der Zeichnung sieht man, dass das Produkt e q derart variiert, wie die Ordinaten und zugehörigen Abszissen von gleichseitigen Hyperbeln, bei denen dieses Produkt eine Konstante ist.

Wenn man also den Querschnitt in mm² q als Abszissen und den Spannungsverlust in Volt e als Ordinaten aufträgt, so kann man für verschiedene Produkte aus Stromstärke mal Entfernung (Leitungslänge) die betreffenden Hyperbeln zeichnen, siehe Fig. 25, und dann bei bekannter Länge und Stromstärke nach dem Verlust den Querschnitt und umgekehrt, direkt aus dem Diagramm abnehmen.

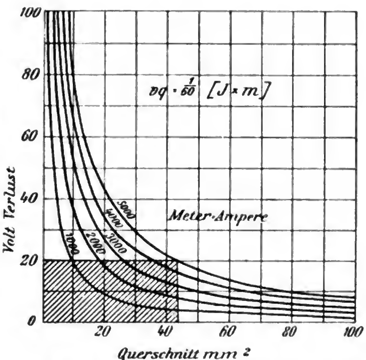


Fig. 25. Diagramm der Spannungsverluste.

Was nun die Berechnung der Leitungen bei anderen Stromarten anlangt, so ist zu bemerken, dass dieselbe ganz genau nach den bisher angegebenen Grundsätzen erfolgen kann, wenn man ihr nach Hochenegg die „wirksame Betriebsspannung" zugrunde legt. Diese ist:

a) bei Gleichstrom und Wechselstrom ohne Phasenverschiebung gleich der Spannung an den Verbrauchsstellen (E),
b) bei Wechselstrom mit Phasenverschiebung um den Winkel φ . . . gleich E . cos φ.
c) Bei Sternschaltung und Dreieckschaltung des Dreiphasenstromes gleich $E\,.\sqrt{3}$.
d) tritt hierzu noch Phasenverschiebung $E\,.\sqrt{3}\,.\cos\varphi$.

Wenn man nicht den reinen Spannungsverlust der Berechnung zugrunde legt, den man insbesondere bei Drehstrom nicht genau bestimmen kann, sondern von dem Arbeitsverlust ausgeht, so kommt man zu einer leicht merkbaren Regel für Drehstromleitungen.

Bezeichnet man nämlich mit

W, die Wattleistung am Anfang der Leitung, mit

ε. die Anfangsspannung.

l (meter) die Länge eines Drahtes und

σ seinen spezifischen Leitungswiderstand; endlich

p. den prozentuellen Energieverlust von der Anfangsleistung, so findet man für den Querschnitt des Drahtes bei Gleichstrom, da 2 Drähte erforderlich sind

$$q = 2\left(\frac{100\ l\ W}{p\ \varepsilon^2\ \sigma}\right)$$

bei Drehstrom

$$q_1 = \frac{100\ l\ W}{p\ .\ \varepsilon_1^2\ \sigma\ .\ \cos^2 \varphi} = \left(\frac{100\ l\ W}{p\ \varepsilon^2\ \sigma}\right)\frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_1^2}\ \frac{1}{\cos^2 \varphi}$$

Da nun in der letzten Gleichung der Ausdruck in der Klammer gleich ist $\frac{q}{2}$ aus der ersten Gleichung, so kann man, wenn aus irgend einem Anlass der Querschnitt einer Leitung nach dem Spannungsverlust für Gleichstrom bekannt ist, den Querschnitt einer Drehstromleitung zum Uebertragen derselben Energiemenge mit dem gleichen prozentuellen Arbeitsverlust dadurch finden, dass man den Querschnitt der Gleichstromleitung mit dem Faktor $\frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_1^2} \cdot \frac{1}{2 \cos \varphi^2}$ multipliziert.

In dem ersten Falle sind zwei Drähte, in dem zweiten drei Drähte erforderlich; die Kupfergewichte stehen daher im Verhältnis

$$1 : \frac{3}{4}\ \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2_1}\ \frac{1}{\cos \varphi^2}.$$

3. Netzsysteme.

In den *gewöhnlichen Fällen für Gleichstrom* wird ein *Leitungsnetz angewendet*, welches für jeden Pol *eine Leitung* besitzt, das sog. Zweileitersystem, alle Lampen sind darin parallel geschaltet.

Um nun an Kupfer zu sparen, wendet man das *Dreileitersystem* an, welches darauf beruht, dass die Gesamtzahl der Lampen zu je 2 zwischen 2 Aussenleiter geschaltet, die Verbindungsleitungen der beiden Lampen aber an einen Ausgleichsleiter gelegt werden.

Solange daher die Zahl der Lampen in beiden Nutzhälften gleich ist, fliesst in dem Ausgleichsleiter *kein Strom*.

Das Verhältnis des Kupfervolumens zwischen Zweileiter- und Dreileitersystem ist gleich 8 : 5.

Dies scheint sehr für das Dreileitersystem zu sprechen.

Man muss aber bedenken, dass einerseits durch die Vermehrung der Leitungen von 2 auf 3 eine Menge Akzessorien vermehrt und die Montage teurer wird, dass viele Teile gleich bleiben, ob man 2 oder 3 Leitungen zieht, und dass man an Maschinen, Apparaten, Akkumulatoren u. s. w. bei 3 Leitern mehr aufwenden muss.

Wenn man auch noch weiter bedenkt, dass im allgemeinen bei nicht allzuweit ausgedehnten Anlagen der Preis des Netzes überhaupt nur 12—15 % des Gesamtaufwandes ausmacht, dass man also beim Dreileitersystem nur etwa 6 % an Kupfer spart, die übrigen Teile der Anlage aber teurer werden, so kommt man darauf, dass das Dreileitersystem nicht unter allen Umständen am Platze ist. Man muss vielmehr für jeden speziellen Fall eine Vergleichsrechnung anstellen.

Bei grösseren Netzen für Gleichstrom hat man das Dreileitersystem in ein Fünfleitersystem verwandelt, wodurch man mit noch höherer Spannung arbeiten kann und geringere Querschnitte erzielt. Die Komplikationen, welche die gleichmässige Verteilung des Verbrauches zu allen Zeiten des Betriebes mit sich bringt, hat man durch Zwischenschalten von Akkumulatoren und durch Ausgleichsmaschinen mit Erfolg zu paralysieren gewusst.

Bei diesen beiden Systemen sind die Spannungsverluste je nach der Entfernung der Stromabnahmestelle von der Stromquelle verschieden gross. Dies führt aus dem Grunde zu Unzukömmlichkeiten, weil man die Verbrauchsapparate, Glühlampen, Motoren u. s. w. der jeweils an dem Aufstellungsorte herrschenden Spannung anpassen muss, um ihren normalen Betrieb zu ermöglichen. Auch treten die Spannungsschwankungen in erhöhtem Masse auf, wenn die Belastung des Netzes nicht immer konstant bleibt.

Um diesem Uebelstand abzuhelfen, hat man die bekannte Schleifenleitung angewendet.

Bezüglich der Drehstromleitungen unterscheidet man die Dreieckschaltung, die Sternschaltung und die Sternschaltung mit Nullleiter, worüber später noch gesprochen wird.

4. Materialien.

Hinsichtlich der Beschaffenheit des für Leitungen verwendeten Materials, ist zu bemerken, dass folgende Arten von Drähten und Kabeln zur Verwendung kommen.

a) blanke Kupferdrähte oder Kupferseile von 96 % chemischer Reinheit. Am besten ist Elektrolytkupfer, weil es die grösste Homogenität der Drähte gewährleistet.

Die Kupferseile werden aus Litzen angefertigt; diese enthalten 7, 13, 19 und mehr einzelne Drähte. Bei Seilen aus einer Litze lösen sich die etwa gesprungenen Drähte ab, weil die Drähte gleichmässig nebeneinander laufen und sich gegenseitig nicht halten. Diese Ablösung bleibt bei mehrlitzigen Seilen nur auf die ganz geringe Strecke beschränkt, in welcher der betreffende Draht nicht von einem darüberliegenden festgehalten wird.

b) Drähte oder Seile aus Kupfer mit Umhüllung, im allgemeinen „isolierte" Drähte genannt, und zwar nach folgenden Umhüllungsarten von mehr oder minder hohem Isolationswert.

α) Isolierung U. Der Kupferleiter wird mit zwei, einzeln um denselben gelegten Umhüllungsschichten aus Faserstoffen bedeckt, welche mit isolierender Masse getränkt sind.

β) Isolierung J. Der Kupferleiter muss wegen der Einwirkung der folgenden Umhüllungen verzinnt sein. Er erhält zunächst eine Baumwoll-Umspinnung, darauf eine Umwickelung aus Paragummiband, dann wieder eine Baumwoll-Umspinnung und endlich eine Faserstoff-Umflechtung, welche mit Isoliermasse getränkt wird.

Der Unterschied zwischen Umspinnung und Umflechtung ist der, dass bei der ersteren die Fasern in jeder Lage bloss in einer Richtung um den Leiter gewunden werden und daher einander gleichliegende Schraubenlinien bilden, während bei der letzteren eine Kreuzung der in entgegengesetzten Richtungen aufgewickelten Fasern stattfindet, sodass dieselben einander festhalten.

Die Bandumwickelung muss so ausgeführt sein, dass sich die Ränder des Bandes ordentlich überdecken.

Diese beiden Isolierungsarten geben noch keine besonders hohen Isolationswerte. Werden solche beansprucht, so ist folgende Isolierung zu verwenden.

γ) Isolierung G. Der Leiter muss gut verzinnt sein. In unmittelbarer Berührung mit dem Leiter muss er eine vollkommen homogene, nahtlose, wasserdichte Kautschukumhüllung von mindestens 1 mm Stärke erhalten. Auf derselben liegt dann entweder eine Bewickelung aus imprägniertem Band, oder eine Umflechtung aus imprägniertem Garn.

Für solche Leiter wird ein Isolationswiderstand von 500 Megohm pro 1 km bei 15° C 100 Volt Messspannung nach 24stündigem Wasserbad garantiert.

δ) Wenn Drähte letzterer Isolierungsart noch mit einer Bleiumpressung versehen sind, so nennt man sie „Bleikabel" und verwendet dieselben bei einem Minimalquerschnitt von 6 mm² in folgenden Arten:

„Blank“, Bezeichnung KB, wenn sie einen mehrfachen nahtlosen Bleimantel besitzen, welcher aussen blank, d. h. mit keiner Umhüllung oder Imprägnierung versehen ist.

„Asphaltiert“, KA, wenn der nach KB umhüllte Leiter noch mit asphaltierter Jute umsponnen ist.

„Gepanzert“, wenn das Kabel nach KA noch mit Eisenband oder Eisendraht umwickelt und mit einer zweiten, asphaltierten Jutelage umsponnen ist.

Diese Leiter führen den Namen Kabel, und es ist bei ihnen nach 24stündigem Wasserbad bei 100 Volt Messspannung und 15° C ein Isolationswiderstand von 1000 Megohm per Kilometer zu verlangen.

ε) Für Zwecke der Herstellung von Anlagen in trockenen Räumen verwendet man mehrfache Leitungsschnüre. Diese tragen die Bezeichnung „L“ und es werden in denselben Leiter verwendet, welche aus Feindraht von weniger als 0,5 mm Durchmesser bestehen und keinen grösseren Gesamtquerschnitt haben, als 4 mm² pro Leiter. Dies geschieht zur Aufrechterhaltung einer grossen Biegsamkeit.

Die Isolierung ist, wie J, und die auf diese Art einzeln isolierten Leiter werden noch in drei Arten mit Eisengarn oder Seide umflochten, nämlich:

„L r“, wo zwei Leiter gemeinsam eine „runde“ Leitungsschnur ergeben,

„L z“, wo zwei Leiter zuerst umflochten und dann umeinander „zusammengedreht“ werden,

„L f“, wo zwei Leiter nebeneinander liegen und umflochten eine „flache“ Schnur darstellen.

Diese Leitungsschnüre müssen in trockenen Räumen eine Spannung der Leiter gegeneinander von 750 Volt aushalten.

Die Art der Verlegung der Drähte richtet sich nach dem gewählten Leitungsmaterial.

Die Wahl des letzteren ist nach folgenden Grundsätzen zu bewirken:

a) Ausserhalb von Gebäuden, ferner in Maschinen- und Akkumulatorenräumen, endlich in Räumen ohne brennbare Bauteile und brennbaren Inhalt (feuersichere Räume) können blanke Leitungsdrähte gewählt werden.

Man kann z. B. die „Steigleitungen“ in Wohnhäusern, wenn sie in einem Lichthof ausser Reichweite angebracht werden, aus blanken Drähten herstellen. Desgleichen können Keller, Stollen, Tunnels u. dgl. mit blanken Drähten versehen werden, wenn gegen Berührung entsprechender Schutz angewendet wird.

b) In Räumen, welche voraussichtlich dauernd und vollkommen trocken sind, in welchen keine ätzenden Dünste vorkommen, sind Drähte nach Isolierung U und J am Platze.

c) In feuchten Räumen, an feuchten Stellen oder auch im Freien, wenn Bäume die Leitung berühren können, ist Isolierung G am Platz.

Daher werden auch alle Leitungen, welche im Mauerputz verlegt werden, aus Gummikabeln gemacht.

5. Verlegungsarten.

Was nun die Verlegungsarten anlangt, so hat man folgendes zu beachten:

a) Blanke Leitungen.

Dieselben werden auf Glocken aus gebranntem und glasiertem Porzellan oder Steingut aufgehängt, und mittels Bindedraht an denselben gut befestigt, nachdem sie entsprechend gespannt wurden.

Man gebraucht bis 5000 Volt den bekannten Doppelglockenisolator.

In gerader Strecke wird der Draht in die obere Mulde gelegt, während er bei Ecken in der Leitungstrasse derart in die Halsmulde gelegt wird, dass die Resultierende der Zugkräfte in den beiden vom Isolator abgehenden Drahtteilen auf den Isolator hinwirkt; denn in diesem Falle nimmt dieser und die Stütze den Druck auf, während im anderen Falle der Bindedraht den Zug aufzunehmen hat.

Als Bindedraht wird ganz weicher Kupferdraht von $1-1\frac{1}{2}$ mm Durchmesser verwendet. Draht aus anderem Material, selbst verzinnter Kupferdraht, ist nicht am Platze, weil man bei den fast stets vorhandenen Einflüssen der Athmosphäre sich bei Anwendung solcher Drähte der schädlichen galvanischen Lokalwirkungen nicht erwehren kann. Das blosse Umschlingen selbst dünner Drähte ist verwerflich.

Als Isolationswiderstand eines Isolators kann im trockenen Zustand mehr als 5000 Megohm beansprucht werden, derselbe sinkt aber bei Regen, noch mehr aber bei nebligem oder nässelndem Wetter, bei welchem auch die Unterseite betaut wird, bis auf 10 Megohm.

Bekanntlich haben die bisher verwendeten Glockenisolatoren den Fehler, dass ihr Rand nicht, wie der ganze übrige Körper, mit Glasur bedeckt ist. Dieser Uebelstand ist bei dem Isolator Fig. 26 beseitigt, und es sollten nur mehr solche Isolatoren verwendet werden.

Die früher für Spannungen von mehr als 5000 Volt verwendeten Oelisolatoren haben sich nicht bewährt, dagegen sind die neuesten Typen von Isolatoren (Hermsdorf, Fig. 27) sehr gut.

Charakteristisch für Hochspannungs-Isolatoren ist das Bestreben der Fabrikanten, mehrere vollständig glasierte Ränder herzustellen, um elektrostatische Entladungen zwischen diesen und der eisernen Stütze zu verhindern, was durch Ueberziehen der Stütze mit Holz oder einer Porzellanhülse erreicht wird.

In neuester Zeit wird wieder häufig Glas verwendet, weil dieses bei der Massigkeit der Körper, bei denen es sich um Durchmesser bis $^1/_2$ m und darüber handelt, eine einfachere Bearbeitung und eine homogenere Struktur bietet, als Porzellan.

Ein Isolator moderner Konstruktion ist jener von Locke (Fig. 28). Derselbe besteht aus drei ineinander passenden Porzellanglocken, von denen jede einzelne eine möglichst gleichmässige Wandstärke hat, was für das gleichmässige Austrocknen und das Vermeiden von Spannungen und Rissen beim Brennen des Isolators von grosser Wichtigkeit ist. Diese drei Glocken werden einzeln glasiert und mit Hilfe von Glasur ineinander geklebt. Im fertigen Zustand erhält der Isolator einen Kern

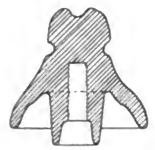


Fig. 26. Doppelglocken-Isolator.

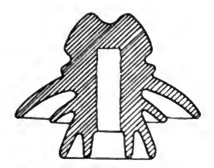


Fig. 27. Vierfachglocken-Isolator.

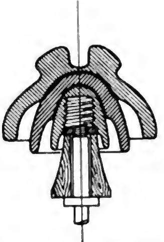


Fig. 28. Isolator von Locke für 20 000 Volt.

aus Pockholz, mittels dessen er auf eine eiserne Stütze befestigt wird, welche mit einer isolierenden Porzellanhülse umgeben ist. Der Isolator von Locke ist für 20000 Volt Betriebsspannung geeignet. Das Ineinanderpassen der Glocken scheint Schwierigkeiten zu bereiten; es treten wegen der verbleibenden Hohlräume öfter Sprengungen der Glocken auf. Die Figuren 29 und 30 zeigen Locke-Isolatoren für 60000 bezw. 80000 Volt Betriebsspannung, welche mit der doppelten Spannung geprüft sind. Ersterer hat 270 mm Höhe und 240 mm Durchmesser, letzterer 300 mm bezw. 340 mm. Fig. 31 hält Spannungen über 100000 Volt aus.

Ein guter Isolator, besonders für Hochspannung, soll ausser der Isolierfähigkeit und der erforderlichen Festigkeit noch eine glänzende, nicht matte Glasur besitzen, die nicht rissig ist und keine Bläschen aufweist; auch soll derselbe ganz frei sein von kleinen schwarzen Pünktchen.

Die Isolatoren werden vor der Befestigung an Wänden, Säulen usw. auf eisernen Stützen befestigt, welche ihrerseits an die genannten Gegenstände geschraubt oder eingegipst werden. Am besten eignet sich hierzu Quadrateisen, welches entsprechend gebogen wird. Das Biegen des Eisens über die Diagonale ist Modesache, aber ohne Wert, da die Festigkeit der Stütze dadurch nicht vermehrt wird; wohl aber ist die Arbeit schwieriger.

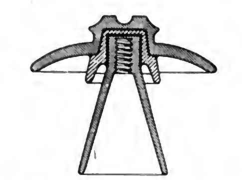


Fig. 29. Isolator v. Locke für 60000 Volt.



Fig. 31. Isolator v. Locke für 100000 Volt.

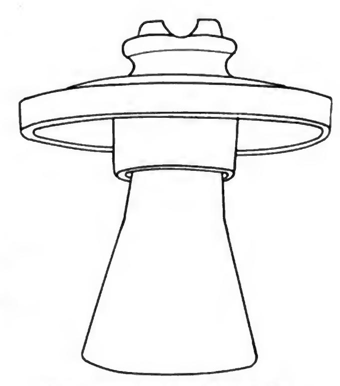


Fig. 30. Isolator von Locke für 80000 Volt.

Was die Sicherheit der mechanischen Konstruktion der Maste bezw. Gestänge betrifft, so ist vorgeschrieben:

Bei Holz 10fache Sicherheit,
bei Eisen 5fache Sicherheit,
für die Leitungen bei -25^0 C 5fache Sicherheit.

Dabei sind Winddruck und Schneelast mit 125 kg pro m^2 senkrecht getroffene Fläche einzusetzen; dies ist so zu verstehen, dass von den betreffenden Flächen die Projektionen auf eine zur Druckrichtung senkrechte Ebene zur Berechnung zu verwenden sind.

Nach der erwähnten 5fachen Sicherheit bei den Drähten ist der Zug zu berechnen, mit dem die Drähte gespannt werden dürfen bezw. sollen. Bei Kupfer ist die Zugfestigkeit 30 kg pro mm^2, also der zulässige Zug 6 kg pro mm^2, bei hartgezogenen Drähten für Trollyleitungen geht man bis 10 kg pro mm^2.

Mit Rücksicht auf die Berührung der Drähte bei Sturm ist ein bestimmter Abstand der Isolatoren senkrecht auf die Richtung der Trasse

einzuhalten, welche sich nach der Entfernung der Stützpunkte in der Richtung der Trasse richtet. Kann man diesen Abstand nicht einhalten. oder stellt sich heraus, dass er, wie bei langen Uebergängen über Flussläufe, nicht genügt, so muss man sich mit einer zwischengelegten Aufhängevorrichtung der Isolatoren helfen, welche am besten an einem unabhängigen Stahldrahtseil befestigt wird.

Die Entfernung der Isolatoren in Ebenen senkrecht zur Drahtrichtung, ist insbesondere an Eckpunkten so zu wählen, dass eine Berührung der Drähte miteinander ausgeschlossen ist. Bei sehr hohen Spannungen kommen noch die Rücksichten auf statische Entladungen in Betracht. Wo wenig Verkehr ist und sehr hohe Spannungen in Frage kommen, kann man auf amerikanische Art für jeden Pol ein Gestänge wählen.

Wenn in Gebäuden blanke Leitungen stellenweise erreichbar oder den Einflüssen der Umgebung ausgesetzt sind, so werden dieselben mit einer Holzverschalung versehen, derart, dass mit Ausnahme der Befestigungspunkte die Leiter nur von Luft umgeben sind. Da es sich in solchen Fällen meist darum handelt, möglichst wenig Raum einzunehmen, so befestigt man die Leiter auf Porzellankörpern in etwas anderer Form. welche aber prinzipiell die gleichen Eigenschaften haben müssen, wie die Isolatoren. Dasselbe gilt, wenn blanke Leitungen für Bahnzwecke oder Zwecke von Maschinen, wie Kranen, Chargiermaschinen usw. zu verlegen sind.

In analoger Weise kann man mit Vorteil blanke Leitungen in trockenen Grubenräumen und Schächten verwenden, jedoch nur, wenn jede Gefahr einer Entzündung ausgeschlossen ist. Es ist aber notwendig, dass solche Drähte dann unerreichbar angebracht werden, entweder dadurch, dass sie ausser Reichweite der Personen liegen, oder dadurch, dass man sie mit einer Verschalung versieht oder mittels Schutznetzes die Berührung verhindert.

Die gegenseitige Berührung mehrerer parallel geführter Leitungen verschiedener Polarität ist natürlich gleichfalls hintanzuhalten, und es genügt hierfür, da man ohnehin zahlreiche Isolatoren anwenden muss, um den örtlichen Verhältnissen Rechnung zu tragen, ein Abstand der Drähte von etwa 150 mm.

Auch bei elektrischen Grubenbahnen soll die Zuleitung (Oberleitung) nicht für die im Stollen verkehrenden Arbeiter, welche etwa eiserne Werkzeuge tragen, erreichbar sein, wenn die Betriebsspannung der Bahn mehr als 250 Volt beträgt. Deshalb sind manchmal vertikale Holzbretter rechts und links von dem Fahrdraht in Anwendung gekommen. Da aber der Laufdraht unten doch wenigstens so weit frei bleiben muss, dass der Stromabnehmer anliegen kann, so führt die An-

wendung von solchen vertikalen, parallel zum Draht befestigten Holzlatten oder Brettern zu Unzukömmlichkeiten. Insbesondere lässt sich an solchen Leitungen nur eine Uebernehmer*rolle* verwenden, und man muss auf die vielen Vorteile des *Bügels* verzichten. Auch die beiden Schutzlatten sind nur ein Surrogat, und man wird, wenn man andere Spannungen verwenden will, wahrscheinlich zu einer anderen Anordnung des Laufdrahtes übergehen, bei welcher der Stromabnehmer um eine vertikale Achse schwingt und den Draht in horizontaler Richtung berührt. Die hierbei auftretenden Schwierigkeiten an den Weichen werden sich auch besiegen lassen.

In Grubenräumen, für welche Sicherheitsgeleuchte vorgeschrieben ist (Schlagwettergruben), sind blanke Leitungen derzeit überhaupt nicht zulässig, am allerwenigsten für Grubenbahnzwecke; es würde jedoch lohnen, besondere Methoden der Anbringung derselben zu ersinnen, damit wenigstens Leitungen für zulässig erklärt werden, von denen keine bewegliche Stromabnahme erfolgt.

Blanke Drähte in Räumen mit säurehaltigen Dünsten (in manchen Hüttenräumen, Akkumulatorenräumen, Kellern, feuchten Grubenräumen u. dgl.) werden mit Vorteil mit einem guten Emaillack, und zwar *nach* dem Verlegen, gestrichen, der öfter zu erneuern und insbesondere an den Isolatoren so dick aufzutragen ist, dass alle Vertiefungen und Fugen, in welchen sich säurehaltige Kondensationsprodukte ansetzen könnten, verstrichen sind.

In neuerer Zeit ist der „Hackethaldraht" in Verwendung gekommen und scheint sich bewährt zu haben. Derselbe besitzt eine mit Mennige dick imprägnierte Isolierung, welche grosse Wetterbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Einflüsse saurer und ätzender Stoffe hat.

Es bedarf wohl nur eines Hinweises darauf, dass man stets vorsorgen muss, dass Stoffe, welche das Leitungsmaterial angreifen oder explosiv oder brennbar sind, auch *nachträglich* nicht in Berührung mit den Leitungen gebracht werden, und dass Staub, Erzpulver, Mehl u. dgl. von Isolatoren und Leitungen zeitweilig entfernt werden.

Es kommt sehr häufig vor, dass dünne, etwas schärfer gespannte Drähte bei Wind, aber auch bei leichter bewegter Luft, fast kontinuierlich einen zwar nicht lauten, aber durchdringenden, singenden Ton von sich geben, der zufolge des guten Schall-Leitungsvermögens von steinernen Mauern, Eisenstützen u. dgl. oft sehr weit in Gebäude dringt und sehr lästig wird. Diesen Uebelstand beseitigt man dadurch, dass man die Möglichkeit der Bildung zahlreicher Knotenpunkte in dem als schwingende Saite aufzufassenden Draht verhindert, indem man an einer empirisch bestimmten Stelle des Drahtes einen belastenden, irgendwie geformten

Körper anbringt. Oft genügt eine dichtgewundene Drahtlocke von 100 bis 120 mm Axenlänge, manchmal findet man Bleirohre oder Bleikugeln, oft auch Eisenrohrstücke, welche der Länge nach geschlitzt und dann auf dem Leitungsdraht mit Bindedraht befestigt werden.

Die Verbindung der Drahtenden auf laufender Strecke ist bei dünnen Drähten ohne weiteres zulässig und wird durch einen sogenannten „Bund" bewirkt. Hierbei werden die Drähte mit oder ohne Zuhilfenahme besonderer Hülsen u. dgl. aneinander gelegt und mit Bindedraht dicht umwickelt. Diese Stelle muss dann zum Zwecke der Abhaltung oxydierender Stoffe mit Zinn, leicht durchfliessend, d. h. ziemlich heiss und ohne angreifendes oder verklebendes Reduktionsmittel verlötet werden. Es ist also Lötsäure und Kolophonium zu vermeiden, auch Stearin ist nicht sehr zu empfehlen; am besten ist Chlorzink.

Bei Drähten von grösserem Querschnitt ist man bestrebt, alle Verbindungsstellen zu entlasten. Man vermeidet daher die Verbindung auf laufender Strecke und verlegt dieselbe an einen Stützpunkt, wobei man nur etwa einen Isolator mehr anzuwenden hat. Die Befestigung des Drahtes am Isolator erfolgt mittels einer eigenen Schelle, die Verbindung der beiden Drahtenden mittels Klemmen und eines vollkommen entlasteten Bügels. Dasselbe gilt für die Abzweigung von blanken Drähten von einander und isolierter Drähte von blanken, wie es bei der Einführung der Leitungen aus dem Freien in das Innere von Gebäuden gebräuchlich ist.

Ist es schon bei den Isolatoren auf der Strecke Regel, denselben eine Stellung zu geben, dass das Innere derselben nicht direkt dem Einfliessen von Wasser ausgesetzt ist, worin man Ausnahmen gestatten kann, wenn die Isolatoren unter Dach sich befinden, so ist besonders bei Einführungen, welche mit Hilfe von Porzellanhülsen bewirkt werden, darauf zu sehen, dass das Wasser, welches dem eingeführten Draht entlang läuft, nicht in die Porzellanhülse kommt bezw. besser, dass überhaupt kein Wasser von der Verbindungsstelle zur Einführstelle hin laufen kann.

b) Isolierte Leitungen.

α) Die Verlegung der isolierten Drahtarten ist nur auf Rollen aus Glas oder Porzellan, oder in Ringen oder unter Klemmen aus denselben Stoffen zulässig. An den Befestigungsstücken sollen die Drähte derart festgehalten werden, dass sie an den Stellen der geringsten Entfernung nicht weniger als 5 mm von Gebäudeteilen entfernt sind. Es ist praktisch entsprechend, alle 800—1000 mm eine Befestigung vorzunehmen, bei Ecken und Krümmungen nach Bedarf mehr. Die Entfernung der Drähte voneinander ist mit 15 mm als Minimum anzunehmen.

Klemmen sind vor allem daraufhin zu untersuchen, ob sie keine scharfen Pressstellen haben. Um nämlich die Spannung und das Festhalten der Drähte zu bewirken, versehen manche Fabrikanten die Klemmen an jenen Stellen, wo die Drähte zu liegen kommen, mit rautenähnlichen Vertiefungen, deren Trennungsstege ganz scharfkantig sind. Diese scharfen Kanten pressen sich in den Draht ein und zerquetschen die Isolierung, so dass nach deren Eintrocknen der Draht an den Befestigungsstellen blank liegt. Da nun überdies bei jedem Temperaturwechsel der kalte Porzellankörper Gefahr läuft, mit feinem Tau beschlagen zu werden, so können solche Klemmen selbst in trockenen Räumen Anlass zu Zerstörung der Leitung und Stromverlusten geben.

An trockenen Stellen existieren Hunderttausende Meter isolierten Drahtes, welche in Holznutleisten verlegt sind und bei guter Arbeit und dauernder Trockenheit, wie dies in vielen Fabriken und Wohnräumen vorgefunden wird, seit Jahren vollkommen entsprechen. Es scheint daher diese Verlegungsart, bei Anwendung der nötigen Gewissenhaftigkeit durchaus zulässig zu sein, und es ist als eine unnötige Strenge der bekannten Sicherheitsvorschriften zu betrachten, wenn man Holzleisten, selbst nach feuersicherer Imprägnierung nur für Gummidrähte zulässig erklären will.

Für Grubenräume kommen diese Leitungen statt blanken Drahtes auf Glockenisolatoren verlegt, in Betracht.

β) Die Verlegung der gummi-isolierten Drähte und Kabel kann ebenso, wie jene der mit Blei umpressten Drähte, in jeder Art erfolgen, welche eine mechanische bezw. chemische Verletzung der Umhüllung ausschliesst. Daher werden diese Kabel auch unmittelbar in Mauerschlitze verlegt, welche zur Beseitigung scharfer Ziegelbruchkanten und der zersetzenden Wirkungen des Kalkmörtels vor der Verlegung mit Gipsbrei ausgestrichen werden müssen.

Bleidrähte sind bei Verwendung von Gummi als Isolierung teuer; ohne Gummi, d. h. bei blosser Bleiumpressung über minderwertiger Faserumhüllung, wird aber bei mechanischer Verletzung sofort Erdschluss veranlasst, weil das Blei sich leicht an den Kupferdraht legen kann, und es bleibt auch gerne der Erdschluss, selbst nach Entfernung der Ursache bestehen, während eine verletzte Gummischichte sich leicht zufolge der Elastizität selbst schliesst und wenigstens bei Abwesenheit von Feuchtigkeit keinen Schaden weiter aufkommen lässt. Daher werden jetzt nur mehr Drähte mit Gummi-Isolierung ohne Bleimantel verwendet.

γ) Die Kabel mit Eisenpanzer werden überall angewendet, vielleicht mit einziger Ausnahme der Unterseebeleuchtung, oder der Be-

leuchtung von Tiefen in mineralischen Quellen, wo noch besondere Schutzhüllen erforderlich sind. Man legt sie im Erdreich 300—800 mm unter die Strassendecke in ziemlich feinen weichen Sand. Wo es zufolge Druckes der Strassendecke, bezw. des Steinpflasters oder wegen möglicher Beschädigungen bei Arbeiten in der Strasse erforderlich erscheint, belegt man die Kabel mit grösseren Ziegeln.

Die gepanzerten Kabel können an Wänden auch mit Rohrhaken oder Rohrschellen befestigt werden, wobei es wegen der Beschädigung der Aussenfläche rätlich ist, Holzbacken beizulegen.

In Grubenräumen, insbesonders in Schächten, ist es Regel, Drähte mit Gummiisolierung zu verwenden. Faserisolierung, noch so gut imprägniert, soll nur in sehr trockenen Räumen vorkommen. Bei Faserisolierung muss überdies auch noch ein nahtloser Bleimantel vorhanden sein.

Für Hauptleitungen verwendet man aber zumeist Drähte, welche über der Gummi- oder Faserisolation einen nahtlosen Bleimantel und nach einer imprägnierten Juteumhüllung auch noch eine Eisendraht- oder Eisenbandumwickelung (Eisenpanzer) besitzen, die wegen der leichteren Handhabung und geringerer Beschädigung der Arbeiter noch mit einer äussersten Jutehülle, die asphaltiert und mit Specksteinpulver bestreut wird, umgeben ist. Die letzte Umhüllung dient nicht als Isolierung, vielmehr ist es erwünscht, den Eisenpanzer gut mit der Erde leitend zu verbinden, damit bei Isolationsfehlern nicht der Eisenpanzer eine andere Polaritat annehmen kann, als die Umgebung. Wäre dies der Fall, so wäre die Vorsichtsmassregel der Eisenpanzerung illusorisch, da man dann den Eisenpanzer nicht mehr absolut ungefährdet berühren könnte.

Die Panzerkabel können in ähnlicher Weise, wie oben erwähnt, auch im Schacht und Stollen verlegt werden. Da aber hier eine bedeutende mechanische Belastung durch das Eigengewicht vorkommen kann, so verwendet man als Schachtkabel fast ausschliesslich solche, deren Eisenarmierung nicht aus flachem Eisenband, sondern aus vierkantigem oder aus gekröpftem, übergreifend gewickeltem Eisendraht besteht.

Aehnliche Armierung zeigen auch die Kabel, welche flexibel sind, und zur Verbindung einer festen Leitung im Stollen mit einer platzwechselnden Maschine, z. B. einer elektrischen Bohrmaschine, dienen und auf Gestein und Eisen frei umherliegen können. Sind mechanische Beschädigungen ausgeschlossen, so genügt hierfür Gummiisolierung mit Faserumspinnung.

Die erwähnten Panzerkabel sind in den Schächten von Schlagwettergruben ausschliesslich zu verwenden. Für die übrigen Räume

solcher Gruben sind jedoch auch gummiisolierte Kabel zulässig, wenn dieselben entweder in Eisenrohre, oder in eisenumhüllte Isolierrohre verlegt werden. Diese letztere Verlegungsart, oder das Ueberdecken mit eisernen Schutzblechen empfiehlt sich auch für die aus Gummikabeln herzustellenden Abzweigleitungen zu Maschinen.

Die Panzerkabel können dicht nebeneinander gelegt werden, wenn nicht in Gruben, in welchen entzündliche Stoffe ausgebaut werden, heftige Drucke zu erwarten sind. In letzterem Falle tut man gut, die Panzerkabel, wo sie unter Umständen starken Zerrungen ausgesetzt sein können, unter die Sohle zu legen, ihre Entfernung von Sohle und voneinander mit mindestens 150 mm zu bemessen und den Raum zwischen ihnen mit schlecht leitenden unverbrennlichen Stoffen (Sand, Schotter) auszufüllen.

d) Die Schnüre werden logischer Weise so verlegt wie die äquivalenten Drähte. Biegsame Schnüre für einzelne Lampen dürfen in trockenen Räumen ohne weitere Rücksicht verlegt werden.

Die Verbindung der Drahtenden kann man auch bei den isolierten Leitungen durch „Bunde“ bewirken; es empfiehlt sich aber auch hier, darauf zu sehen, dass die Lösung der Enden jederzeit möglich ist, weil man dies bei Untersuchungen der Leitungen sehr gut brauchen kann, um Fehler zu lokalisieren. Daher kommt bei dünnen Drähten vorwiegend die Verschraubung, bei stärkeren die Muffenverbindung in Anwendung. Hierbei ist zu beachten, dass der Draht bei der Verschraubung immer so um die Schraube gelegt werden muss, dass sich seine Oese durch das Zuschrauben nicht öffnet, sondern noch besser zudreht. Eine Lötung ist nicht notwendig, sogar den Absichten zuwiderlaufend, wohl aber muss jede Verbindung durch Umwickeln mit Gummiband derart geschützt werden, dass die Verbindungsstelle die Güte des Isolationswiderstandes der betreffenden Leitung in keiner Weise beeinträchtigt.

Die Verbindungsstellen müssen auch von mechanischen Einflüssen entlastet sein, daher ist eine beiderseitige Befestigung in nächster Nähe der Verbindung am Platze.

Bei Verlegung in Mauerputz müssen die Verbindungsstellen von Gummi- und Bleikabeln wegen der Zugänglichkeit in kleinen geteerten Holzkästchen mit stets zu öffnenden Eisenblechdeckeln untergebracht werden.

Eine rasch herstellbare und für geringe Stromstärken auch entsprechende Verbindung von Drähten ist der „Nietverbinder“ von Hofmann. Die beiden Drahtenden werden in eine Hülse aus reinem Kupfer, ein nahtloses Kupferrohrstück gesteckt, welches zwei durch beide gegenüberliegenden Wände gehende Löcher besitzt. Dann werden die-

selben mittels eines in das Loch getriebenen Dornes auseinander und fest an die Wände der Hülse gepresst. In die entstehenden beiden Löcher werden kupferne Nieten geschlagen, welche nebst der Hülse einen guten Kontakt vermitteln.

Eine sehr zweckmässige Verlegungsart, welche allen Anforderungen vollkommen entspricht, ist das Verlegen in Rohren aus Isoliermaterial oder aus solchen aus Metall oder aus metallisch überzogenem Isoliermaterial, deren es schon eine Reihe von „Systemen" gibt. Diese unterscheiden sich zunächst durch den Ueberzug der Isolierrohre, wozu Stahl oder Messing verwendet wird, und dann weiter durch die Details der Verbindung der Rohre. Diese wird nur auf der laufenden Strecke mit Muffen oder Hülsen bewirkt, an Ecken werden Bogen und Krümmer, zumeist aber eigene Dosen verwendet, weil an diesen Stellen die leichte Möglichkeit geboten sein muss, die Drähte aus den Rohren ohne Beschädigung herauszuziehen, bezw. neue einzubringen. Diese Systeme gewähren den Drähten einen ausgiebigen mechanischen Schutz und hindern auch recht gut die schädlichen Einwirkungen durch chemische Erscheinungen. Sie haben aber den Nachteil, etwas voluminös und auffallend zu sein, besonders jene Systeme, deren Isolierrohre schwarzbraun sind und mit messingblanken Muffen verbunden werden. Unangenehm ist es auch, dass man die Verbindungsstellen nie ganz luftdicht herstellen kann, und dass man die Rohre auch nicht ohne weiteres verkitten darf, wenn man einen Hauptvorteil der Systeme, nämlich die leichte Auswechselbarkeit der Drähte, erhalten will. Daher ist es unvermeidlich, dass sich im Innern der Rohre und Dosen mit der Zeit das Auftreten von Kondensationsfeuchtigkeit geltend macht, welche die Anwendung von bestisolierten Drähten erfordert. Wenn aber auch diese Systeme dadurch verhältnismässig teuer werden, so sprechen doch ihre anderen Vorteile sehr zu ihren Gunsten.

Eine der zahlreichen Konstruktionen von Rohrdosen in runder oder viereckiger Form für Montage der Rohre ausserhalb oder im Mauerputz, wie sie von Siemens & Halske angewendet wird, zeigt Fig. 32 und 33. Die runden Dosen haben 55 mm Durchmesser, die viereckigen bedecken eine Wandfläche von 60×60 mm, beide bei etwa 30—33 mm Höhe. Sie dienen zur Einführung von einem Rohr oder zur Zusammenführung von mehreren (bis 4×2) Rohren von 9—11 mm lichter Weite.

Beim Anschluss an Apparate und bei der Verbindung von unterirdisch verlegten Panzerkabeln sind Endverschlüsse erforderlich, welche aus Gummiband oder Gummihülsen und guter Umwickelung und Lackierung bestehen und das Eindringen von Feuchtigkeit zwischen Isolierung und Draht verhindern. Bei hohen Spannungen treten aber

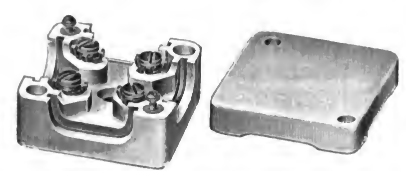


Fig. 32. Rohrdose von Siemens & Halske. Ansicht.

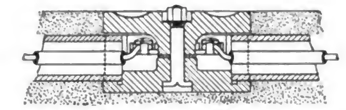


Fig. 33. Rohrdose von Siemens & Halske. Schnitt.

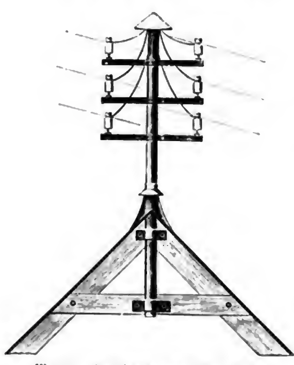


Fig. 34. Anordnung eines Rohrständers.

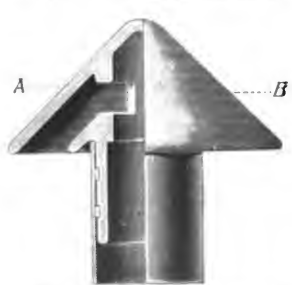


Fig. 35. Oberes Ende eines Rohrständers.

statische Entladungen auf, welche den Endverschluss zerstören; es empfiehlt sich also, wenn ein Uebergang einer Hochspannungsleitung aus dem Freien in die Erde gemacht werden soll, wobei die Verwendung von Kabeln geboten ist, die alle Pole der Leitung enthalten, zunächst an das Kabel noch mehrere Meter einzeladriger Kabel zu schliessen, um die blanke Leitung von dem gemeinsamen Kabel zu entfernen und die Verbreitung der statischen Wirkungen auf der Oberfläche der Endverschlüsse aus dem Bereich der hohen Spannung zu bringen.

Anschlüsse von Panzerkabeln erfolgen, wenn ihre Zugänglichkeit nicht sehr notwendig ist, in Eisenmuffen, wenn sie aber zugänglich bleiben und womöglich mit Sicherungen versehen werden sollen, in Kabelkästen, welche in die Erde versenkt werden, deren Deckel aber mit dem Strassenplanum abschliessen. Bei diesen ist besonders vorzusorgen, dass keine äussere Feuchtigkeit eindringen kann. Sowohl die Muffen als auch die Kabelkästen werden für ein- und mehrpolige Kabel angefertigt. Nach Herstellung der Verbindung wird die Muffe geschlossen und der Hohlraum durch einen entsprechenden Anguss mit Isoliermasse ausgefüllt. Der Kabelkasten bleibt natürlich ohne solche Ausfüllung.

Hinsichtlich der Einführung von Leitungen aus dem Freien in gedeckte Räume, also sowohl in Gebäude als auch in Stollen, ist die

Rohrständereinführung der Akt.-Ges. f. elektr. Unternehmungen, München, bemerkenswert (Fig. 34 und 35). Wenn sie auch für Einführung hoch oben ankommender Drähte gedacht ist, so lässt sie sich auch ohne wesentliche Aenderung an Wänden von Gebäuden anbringen.

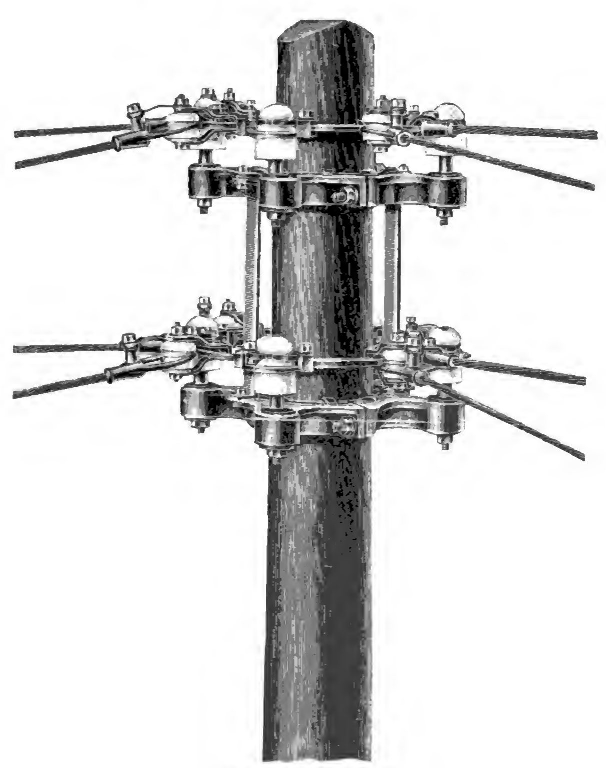


Fig. 36. Freileitungs-Verteiler.

Die Anordnung des Rohrendes, bezw. der Verschluss desselben durch den eigentlichen Einführungskörper aus Isoliermasse, ist ohne weitere Erklärung verständlich, ebenso die Anwendung des Freileitungsverteilers Fig. 36 (A. E. G.).

Dritter Abschnitt.

Betriebsapparate.

Zu jeder elektrischen Anlage gehören einerseits Instrumente zur Messung von Spannung, Stromstärke, Strommenge usw., anderseits Apparate, welche teils zur Ermöglichung eines regelmässigen Betriebes dienen, teils die von den Konsumenten, bezw. zum Zwecke des Stromverbrauches gewünschten Vornahmen zu bewirken gestatten.

Diese Instrumente, bezw. Apparate, sind teils als integrierende Bestandteile jeder rationell und richtig disponierten Anlage anzusehen, teils dienen sie vorwiegend im Leitungsnetz zur Bequemlichkeit in der Benützung des elektrischen Stromes und zur Bestimmung des Verbrauches.

1. Sicherheitsvorrichtungen.

Unter diesem Namen, fälschlich abgekürzt „Sicherungen“, fasst man diejenigen Apparate zusammen, welche die Gefahrlosigkeit des Betriebes einer Anlage als solcher und in ihrer Beziehung gegen die Umgebung gewährleisten.

Wenn eine Leitung von elektrischem Strom durchflossen ist, so kann es aus verschiedenen Gründen vorkommen, dass der Strom dasjenige Mass überschreitet, welches für den Querschnitt der betreffenden Leitung zulässig ist.

Es kann eine zu grosse Zahl von Stromabnahmestellen an die Leitung angeschlossen sein, oder aber es findet infolge eines Defektes (auch an anderen Leitungen) ein direkter Stromübergang von einem Pol der Leitung zu dem andern statt, was man einen „Kurzschluss“ nennt, oder endlich es tritt aus irgend welcher Veranlassung, (z. B. Abscheuern der Isolierung von einem Draht in einem nicht isolierten Luster oder Kandelaber), eine leitende Verbindung dieses Drahtes mit dem Eisenkörper des Lusters und mit der Erde auf, während irgend eine andere Ursache, z. B. starke Feuchtigkeit, eine Ableitung des Stromes an einem ganz anderen Orte zur Erde bewirkt, welche demnach als Stromvermittlerin dient („Erdschluss“).

Als hierher nicht gehörig ist die relative Stromsteigerung infolge der Verschwächung des Querschnittes zu betrachten, welche etwa wegen chemischer Einflüsse im Lauf der Zeit eintritt, und gegen die nur durch die Wahl der entsprechenden Umhüllung der Leitungen Vorsorge getroffen werden kann.

Um nun die Leitungen betriebssicher und die Umgebung ungefährdet zu erhalten, muss dafür gesorgt werden, dass die durch Kurzschluss oder Erdschluss auftretende Ueberschreitung des zulässigen Betriebsstromes nicht so lange dauert, um den betreffenden Draht zu erhitzen, d. h. der Draht muss selbsttätig von der Stromquelle abgeschaltet werden, sobald der ihn durchfliessende Strom eine gewisse Erhöhung erfährt. Man hat diese Erhöhung verschieden hoch bemessen, in der Regel 50 % oder 100 % des zulässigen Betriebsstromes, so dass dann diejenige Stromstärke, bei welcher die Unterbrechung eintritt, das $1\frac{1}{2}$fache bezw. 2fache der zulässigen grössten Betriebsstromstärke beträgt.

Die Bemessung der Sicherung richtet sich immer nach der Drahtstärke, denn jeder Draht hat eine bestimmte Maximalbetriebsstromstärke, welche als Ausgangspunkt für die Unterbrechungsstromstärke gilt. Daher muss auch jeder Draht mit einer bestimmten Sicherungsvorrichtung versehen werden, welche bei einer bestimmten Unterbrechungsstromstärke funktioniert.

Hierfür kann in Bergwerken und sonstigen Anlagen nur insoferne eine Verschärfung gerechtfertigt erscheinen, als möglicherweise die absolute Grösse der normalen Abschmelzstromstärke so gross ist, dass bei Funktionieren der Sicherungsvorrichtung anderweitige Nachteile entstehen.

Die Lage der Sicherungsvorrichtungen im Netz ist gegeben dadurch, dass dieselben an jeder Stelle anzubringen sind, wo eine Querschnittsänderung eintritt. Wird mit Rücksicht auf Gründe der gleichmässigen Spannungsverteilung eine Abzweigung von einer Leitung mit dem gleichstarken Draht bewirkt, aus welchem die Zuführung besteht, so ist aus Sicherheitsgründen an dieser Abzweigung eine Sicherungsvorrichtung nicht erforderlich. Da aber im allgemeinen jede Abzweigung mit einer Querschnittänderung verbunden ist, so gilt als Regel, an jeder Abzweigung Sicherungsvorrichtungen anzubringen.

Für die letzten Zweigleitungen in Wohnhäusern oder Bureaugebäuden kann dies nicht gültig bleiben, weil man sonst eine wesentliche und zwecklose Verteuerung und Komplikation der Leitung erfahren würde, da fast jede Lampe ihre Sicherung haben müsste. Man hat daher vorgezogen, was auch aus mechanischen Gründen gerechtfertigt ist, die Drähte zu den letzten Abzweigungen immer viel stärker zu wählen, als dem zu führenden Strom entspricht, und eine Anzahl von solchen Abzweigungen durch eine einzige Sicherungsvorrichtung zu schützen. Man hat hierbei aus Betriebsgründen die Leitungen derart

zu disponieren, dass bei Funktionieren einer Sicherungsvorrichtung so wenige Verbrauchsstellen als möglich ausser Funktion kommen. Praktisch geht man nicht über 8—10 Lampen à 16 Nk, bezw. deren Verteilungsleitungen.

Wenn man in Zweileiternetzen die Sicherungsvorrichtungen nur in einem Pol anbringen wollte, hätte man streng zu beachten, dass immer der gleiche Pol gesichert wird. Da es nun in weitverzweigten Leitungsnetzen und in Mehrleiternetzen sehr umständlich sein kann, die Polarität jeder Abzweigung zu bestimmen, da es ferner vorkommen kann, dass man zum Ausgleich bei Leitungen im Mehrleitersystem die einzelnen Hälften des Netzes umschalten will, den gesicherten Draht aber, z. B. wegen Bogenlampen, nicht an den zweiten Aussenleiter legen darf, so hat man die Regel aufgestellt, dass die Sicherungsvorrichtungen in beiden Polen, bezw. in allen Polen angebracht werden sollen. Die Mittelleiter von Dreileiternetzen versieht man hierbei mit Sicherungsvorrichtungen, welche höhere Funktionsstromstärke haben, da das Abtrennen des Mittelleiters Unannehmlichkeiten im Gefolge hat, oder man lässt bei ihm, sowie auch bei Leitungen, die betriebsmässig geerdet sind, die Sicherungsvorrichtung ganz fort.

Die Sicherungsvorrichtungen bestehen aus einem isolierenden Körper, welcher Messingstücke zum Anschluss der ankommenden und weitergehenden Drähte enthält, die gegeneinander so gelagert sind, dass zwischen ihnen die eigentliche Unterbrechungsvorrichtung leicht angebracht bezw. ausgewechselt werden kann.

Für Hütten muss das Isoliermaterial den etwa auftretenden Säuredämpfen Widerstand leisten.

In Gruben herrscht feuchtwarme Luft, welche auf viele Stoffe einen schlechten Einfluss hat, deshalb müssen hier Stoffe gewählt werden, welche von dieser feuchtwarmen Luft nicht angegriffen werden. Es sind daher alle Materialien auszuscheiden, welche Feuchtigkeit annehmen, z. B. Papiermasse, Fiber, Pressspan, falls sie nicht durch Imprägnieren mit Fetten, Asphalt, Teer u. dergl. wasserbeständig gemacht sind. Vorwiegend Verwendung findet Marmor, Porcellan, Glas, seltener Schiefer, der nicht als feuchtigkeitsbeständig gelten kann.

Die Unterbrechung erfolgt bei den Schmelzsicherungsvorrichtungen durch Abschmelzen eines Draht- oder Blechstückes aus Blei oder Zinn; Silber und Kupfer in Form dünner Drähte sind vorzuziehen, weil diese Metalle sich nicht durch Oxydation an der Oberfläche verändern und stets in gleichem Masse wirksam bleiben, und weil von denselben keine so starken Abschmelzteile gebraucht werden, weshalb bei Funktionieren die Feuererscheinungen minder heftig sind.

Die Schmelzstücke müssen in geeigneter Weise gefasst sein, um guten Kontakt und bessere Wärmeableitung an den Stücken zur Strom-Zu- und Ableitung zu gewährleisten, als dies bei Verwendung ungefasster Schmelzstücke möglich wäre. Derartige Fassung kann in Stöpselform (Fig. 37, 38), in Patronenform (Fig. 39) oder in Lamellenform (Fig. 40) ausgeführt sein. Guter Kontakt ist unerlässlich, weil sonst die lokale Erwärmung des Kontaktstückes ein Abschmelzen des Sicherungsstückes zur Folge

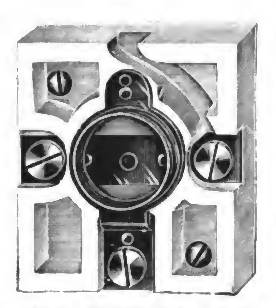


Fig. 37. Stöpselsicherung. A. E.-G.

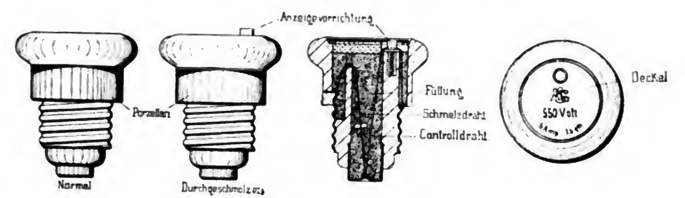


Fig. 38. Sicherungsstöpsel. A. E.-G.

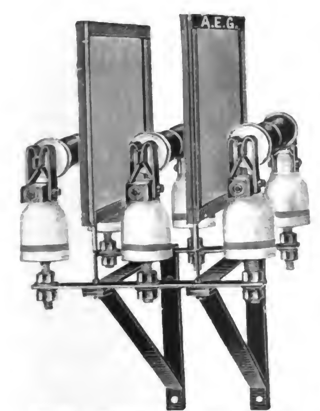


Fig. 39. Dreipolige Patronensicherung für Hochspannung und Innenräume. A. E.-G.

haben kann, ohne dass eine Stromverstärkung vorläge. Man erkennt dies an dem Sicherungsstück daran, dass ein wegen Stromsteigerung abgeschmolzener Draht in der Mitte entzwei gegangen ist, während das Abschmelzen wegen Kontaktfehlers ganz nahe an dem betreffenden Kontaktstück erfolgt.

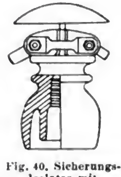


Fig. 40. Sicherungsisolator mit Lamellensicherung.

Was die Dimensionierung betrifft, so werden die stromführenden Teile nach der Stromstärke bemessen, welche sie

selbst, ihre Verschraubungen und die Kontaktflächen führen sollen. Danach und nach der höchsten zulässigen Betriebsspannung erhält der Apparat seine Bezeichnung.

Für die Querschnitte der stromführenden Teile welche meist aus Messing bestehen, nimmt man meist 2 mm² pro Ampère, falls nicht Gründe der Herstellung ohnedies höhere Querschnitte ergeben. Für die Kontaktflächen sind durchschnittlich 6 mm² pro Ampère gebräuchlich. Grössere Flächen sind nicht leicht so zu bearbeiten, dass sie überall genügend guten Kontakt bilden, man tut daher gut, solche Flächen mit 2—3 facher Lage von Stanniol zu belegen, wobei sich die kontaktbildenden Teile (Lamellen u. dergl.) fest anziehen lassen und dauernd ausserordentlich guten Kontakt gewährleisten.

Je nach der Spannung werden die Entfernungen der Zu- bezw. Abführungsstücke voneinander, und damit auch die Länge der Abschmelzstücke verschieden lang gemacht, um das Auftreten eines bleibenden Lichtbogens zu verhindern. Aus demselben Grunde wählt man auch bei Hochspannung lieber Drähte, welche bei geringerer Metallmasse die entsprechende Schmelzfähigkeit haben, damit die Menge des erzeugten Metalldampfes und dadurch auch die Gefahr des Stehenbleibens von Funken und der Explosion der den betreffenden Draht umgebenden Schutzröhre verringert wird.

In der Praxis kommt es kaum vor, dass man die Dimensionen einer Sicherungsvorrichtung für bestimmte Zwecke selbst zu bestimmen hat, denn da heute die Sicherungsapparate schon verwendungsfertig aus der Fabrik kommen, so kann man sich nach den aufgeprägten Bezeichnungen richten. An den festen Teilen, welche die Zuleitungs- und Ableitungsdrähte aufnehmen, sind Spannung und normale Betriebsstromstärke, welche die Apparatteile aushalten, angegeben. Logisch wäre es nun, die Abschmelzstücke mit Spannung und Abschmelzstromstärke zu bezeichnen; wenn man dies nicht tut, so geschieht es wohl bloss in der Voraussetzung eines bestimmten Sicherheitsverhältnisses, und um nicht durch Angabe von Stromstärken verschiedener Bedeutung Kollisionen hervorzurufen.

Die Bedingungen, welchen eine technisch richtig konstruierte Sicherungsvorrichtung zu entsprechen hat, sind ausser den richtigen mechanischen Anordnungen und Ausführungen noch folgende:

1. Sie soll es gestatten, dass die Sicherungsstücke ohne Verwendung eines abzweigenden Drahtstückes möglichst unmittelbar an die Zuführungsleitung angeschlossen werden können. Wenn Abzweigdrahtstücke vor dem Abschmelzstück verwendet werden müssen, so müssen dieselben den gleichen Querschnitt bekommen, wie die zuführende Leitung.

2. Es soll die Möglichkeit ausgeschlossen sein, ohne spezielle Vornahmen an dem Sicherungskörper Abschmelzteile zu verwenden, welche für höhere Stromstärken geeicht sind, als jene, für welche die Sicherungsvorrichtung zur Anwendung kommen soll. Es ist daher diesbezüglich vor der Anwendung der Lamellensicherungen zu warnen. Man erreicht diese Bedingung dadurch, dass man geeignete Zwischenstücke oder Einsatzbegrenzungen an den Schmelzstücken anbringt, welche den Kontakt unmöglich machen, falls in eine Sicherungsvorrichtung ein Abschmelzstück für eine höhere Stromstärke gebracht wird.

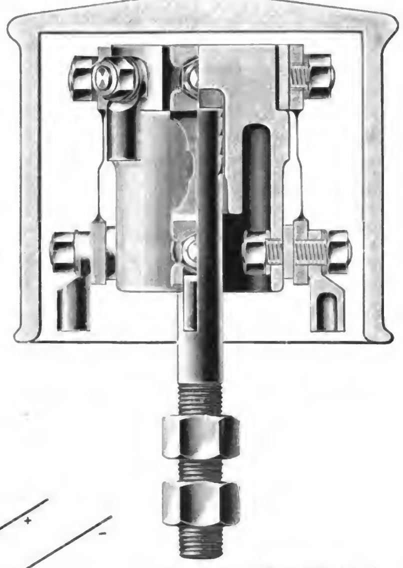


Fig. 41. Verteilungssicherung (Anordnung). A.-G. f. Elektr. Unternehm.

Für Freileitungen benützt man Sicherungsvorrichtungen an Isolatoren: die Lamellen werden durch ein Dach vor dem allzu starken Einfluss der Witterung geschützt (Fig. 40).

Fig. 42. Detail der Verteilungssicherung. A.-G. f. Elektr. Unternehm.

Die **A k t i e n g e s e l l s c h a f t f ü r E l e k t r o t e c h n i s c h e U n t e r n e h m u n g e n** in München hatte neuerdings recht zweckmässige Sicherungen konstruiert, welche in Fig. 41 u. 42 dargestellt sind.

Auf einem eisernen Stift, welcher die Befestigung an irgend einer entsprechenden Stütze ermöglicht, ist ein zylindrischer Körper aus Porzellan aufgekittet; derselbe ist zum Teil hohl und trägt oben einen Metallring, unten vier Metalllamellen. Der Metallring enthält vier Schrauben, welche mit den vier erwähnten Lamellen korrespondiren, und ausserdem noch zwei weitere Schrauben. An die letzteren wird mittels Muffen das Kabel, bezw. der Draht geführt, welcher verzweigt werden soll. Zwischen den vier Schrauben des Ringes und den vier Metalllamellen werden die Sicherungslamellen angebracht und die Fortleitung der gesicherten Verteilungskabel gleichfalls mittels Muffen bewirkt. Das Ganze wird mittels einer lose aufgesetzteen Porzellankappe gegen die Witterung geschützt.

Sicherungen für Hochspannung an Schaltwänden oder in Transformatorstationen (Fig. 39 A. E. G.) bestehen aus Glockenisolatoren, welche auf eisernen Konsolen montiert sind und an ihrem Scheitel Lamellen mit federnden Kontakten tragen.

Zwischen diese Lamellen wird von Isolator zu Isolator eine Glaspatrone geschoben. Diese besteht aus einem Glasrohr von etwa 50 bis 60 mm Durchmesser und 300 mm Länge, dessen Enden mittels verzinnter Messingbüchsen dicht abgeschlossen sind. Die Messingbüchsen tragen ausserhalb des Rohres prismatische Fortsätze, mittels deren sie in die oben erwähnten Kontaktlamellen eingeschoben werden. Im Innern des Rohres sind die Messingbüchsen durch den Schmelzdraht, bezw. die Schmelzdrähte miteinander verbunden. Um das Zerstören der Glaspatrone bei Funktionieren des Schmelzdrahtes zu verhindern, umgibt man denselben mit einer Hülle aus Pressspan oder füllt einen Teil des Rohres mit feinem Sand aus.

Damit eine Wirkung einer abschmelzenden Patrone auf die Nachbarschaft vermieden wird, stellt man zwischen zwei Patronen oder beiderseits einer Patrone Wände aus Glas oder Marmor auf.

Diese Sicherung lässt sich ohne weiteres auch als Ausschalter benützen, wenn man die Vorsicht der isolierten Aufstellung und des Schutzes der Hand mit Gummihandschuh beobachtet.

Sicherungen für Hochspannungs-Freileitungen bringen trotz der Wahl eines grösseren Abstandes zwischen jenen Lamellen, welche die mit Schuhen armierten Enden der ohne Schutzrohr verwendeten Schmelzdrähte aufnehmen, die Gefahr mit sich, dass der beim Abschmelzen des Sicherungsdrahtes entstehende Funke stehen bleibt; hierdurch wird einerseits der gewünschte Erfolg vereitelt, anderseits eine arge Beschädigung der betreffenden Lamellen bewirkt.

Um diesem Uebelstande zu begegnen, hat man mit Erfolg die Sicherungsdrähte unter Hörner aus Draht montiert (Fig. 43. 44, Voigt & Häffner, Frankfurt a. M.). Wenn nun ein Funke stehen bleibt, so kommt dieser sehr rasch in Berührung mit den Hörnern und wird von diesen in einer Weise, wie dies auch bei den später zu erwähnenden Blitzschutzvorrichtungen angewendet wird, durch einen entstehenden, aufwärts gerichteten Luftstrom nach oben geblasen, wo er dann wegen der stets grösser werdenden Entfernung der Hörner voneinander ohne Schädigung der Lamellen erlischt.

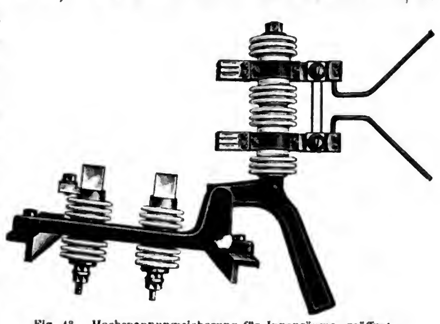


Fig. 43. Hochspannungssicherung für Innenräume, geöffnet. Voigt & Häffner.

Solche Sicherungen, auch mit Ausschaltern verbunden, wie Fig. 45, zur Anbringung auf Masten, zeigt, dürfen aber nur im Falle der dringenden Not unter Strom geöffnet werden.

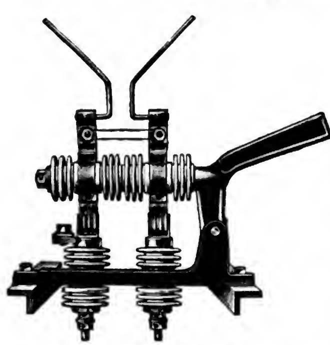


Fig. 44. Hochspannungssicherung für Innenräume, geschlossen. Voigt & Häffner.

Es ist zu bemerken, dass die Hörner hier keine Ableitung zur Erde, sondern bloss das Vernichten des auftretenden Funkens bezwecken.

Es stehen einander in einer Entfernung von etwa 1,4 m zwei Maste gegenüber, an denen zwei hufeisenförmig ausgebogene U-Eisen horizontal befestigt sind. Diese U-Eisen sind mittelst zweier weiterer U-Eisen miteinander verbunden, welche senkrecht zur Verbindungslinie der Mastaxen stehen und je drei Glockenisolatoren enthalten. Diese Glockenisolatoren sind mit metallenen Kappen armiert, welche ihrerseits je einen seitlichen Arm besitzen, der am Ende einen U-förmigen Stromkontakt und eine Klemmschraube zur Anbringung eines Hornes aus Draht trägt. Die Stellung der Arme ist derart, dass die Hörner

einander gegenüber zu stehen kommen, ebenso, wie die erwähnten Kontaktstücke. Daher ist es möglich, in diese Kontaktstücke Lamellen einzudrücken, welche auf zwei anderen Isolatoren befestigt sind, die ihrerseits auf einem Hebel aus Winkeleisen stehen. Dieser Hebel hat den Drehpunkt an einer der Quertraversen, besitzt am anderen Ende einen Ring, an dem er mittelst eines Hakens von unten aus- bezw. eingeschaltet werden kann, und trägt neben diesem Ring eine Nasenfeder, welche verhindert, dass der Hebel selbst aus der Stellung der Einschaltung heraussinken kann. Die Lamellen an den letzterwähnten Isolatoren sind mit einem Sicherungsdraht verbunden, während an den Kappen der erstgenannten Isolatoren Klemmschrauben für die ankommende, bezw. abgehende Stromleitung sich befinden.

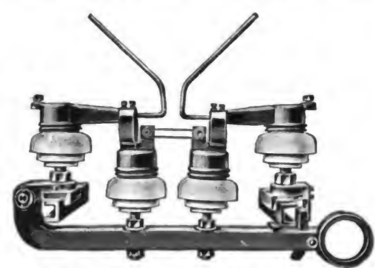


Fig. 45. Hochspannungssicherung für Aussenräume. Voigt & Häffner.

Das eiserne Gestelle kann selbständig geerdet oder mit dem Erddraht einer Blitzschutzvorrichtung verbunden werden.

Wie früher erwähnt, übernehmen die beiden Hörner einen etwa stehenbleibenden Unterbrechungsfunken, der beim Abschmelzen des Sicherungsdrahtes auftritt, und führen ihn ohne Schädigung der Metallteile durch den entstehenden Luftstrom nach oben, wo er wegen der grösser werdenden Entfernung zwischen den Hörnern erlischt.

Mit Rücksicht auf die bequemere Bedienung werden die Sicherungsvorrichtungen so viel als tunlich zentralisiert und auf Verteilungstafeln aus Marmor montiert, welche in Reichhöhe angebracht und in hölzernen oder eisernen Kästen eingeschlossen werden. Letztere Eisenkästen sind insbesondere in Berg- und Hüttenwerken unerlässlich. Fig. 46 (Voigt & Häffner).



Fig. 46. Sicherungskasten. Voigt & Häffner.

Für Freileitungen verwendet man hierzu Verteiler. Diese bestehen aus Ringen oder Rahmen aus U-Eisen oder Gusseisen, welche auf Masten oder an Wänden von Gebäuden angebracht werden können und sowohl die geeignete Anbringung der Isolatoren, als der Sicherungsvorrich-

tungen, als endlich eventuelle Ueberführungen in die Erde oder in Gebäude gestatten.

Wenn man Veranlassung hat, kombinierte Ausschalter mit Sicherungen ganz im Freien, also unmittelbar auf Masten oder an Aussenwänden von Gebäuden montiert zu verwenden, so wird man dieselben in der Regel mit einem Blechdach versehen, weil die Ansammlung von balligem Schnee nicht vorteilhaft ist.

Der Betrieb langer Fernleitungen, insbesondere bei Hochspannungsanlagen mit Wechselstrom, erfordert noch eine weitere Art von Sicherungen. Die Erscheinungen, welche dies verursachen, sind zweierlei Art.

Ist die Fernleitung eine Freileitung, so sind die Drähte stets dem Einflusse der atmosphärischen Erscheinungen ausgesetzt, und es treten zufolge der fast stets vorhandenen elektrischen Ladung der Atmosphäre oft mehr oder minder örtliche Ueberspannungen in den Leitungen als Induktionserscheinungen auf. Die Folge hiervon sind Stromimpulse, welche die Betriebsspannung beeinflussen, auch den Isolationszustand beeinträchtigen, ohne stark genug zu sein, um über eine Vorrichtung zur Erde geleitet werden zu können, die der enormen Spannung eines Blitzschlages noch einen Weg zur Erde bietet.

Bei langen Kabelleitungen mit grosser Kapazität müssen ebenfalls Sicherungen angebracht werden, welche nicht gegen eine Ueberschreitung der Stromstärke, sondern gegen die Ueberschreitung einer Höchstgrenze der Spannung wirken. Hier muss man sich die Sache folgendermassen vorstellen. Das Ein- bezw. Ausschalten des Stromes geschieht in der Regel mit Hilfe einfacher Schalter, also plötzlich, nicht allmählich unter Vorschalten von Widerständen; nur selten kommen Schalter mit Kohlenkontakten in Anwendung, welche einen Lichtbogen ziehen, der als Widerstand anzusehen ist. Durch das plötzliche Schalten tritt gewissermassen eine Stauung oder ein Rückstau einer in die Leitung fliessenden Stromwelle ein, ähnlich wie ein Wasserschlag in einer langen Rohrleitung oder die Bildung von Rückwellen bei raschem Füllen eines schmalen Wassergrabens. Hierdurch kann eine derartige Ueberspannung auftreten, dass die Isolierung des Kabels durchgeschlagen wird, und es muss daher auch diese Ueberspannung ausgeglichen, bezw. der durch sie entstehende Stromimpuls beseitigt werden.

Auch wenn Kurzschlüsse auftreten oder wenn beim Parallelschalten von Generatoren ein Versehen vorkommt, machen sich Ueberspannungen geltend.

Prinzipiell ähneln die hiergegen angewendeten Ladungssicherungen den Hochspannungs-Blitzschutz-Vorrichtungen, man muss aber darauf sehen, dass sich die Funkenstrecken leicht und sicher auf eine

bestimmte Spannung einstellen lassen. Die Ladungssicherungen werden stets mit einem induktionsfreien Widerstand verbunden, der es verhindert, dass der Strom mit der vollen Maschinenspannung zur Erde abgeführt wird. Man hält etwa 1 % des stärksten Maschinenstromes für zulässig.

Solche induktionsfreie Widerstände werden je nach der Spannung verschieden konstruiert. Voigt & Häffner nehmen z. B. für Spannungen bis 1000 Volt, wenn der Apparat unter Dach Aufstellung findet, den sogen. Rohrwiderstand, welcher aus einem kurzen Rohrstücke besteht, das mit Asbest ausgekleidet und mit einem Pulver von entsprechendem Leitungswiderstand gefüllt ist. Die metallenen Verschlusskappen bilden auch die Zu- und Ableitung.

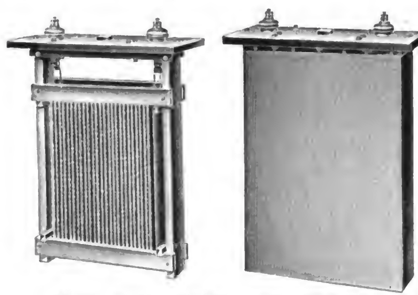


Fig. 47. Induktionsfreier Widerstand. Voigt & Häffner.

Mehrpolige Widerstände für mehr als 1000 Volt werden aus Tonröhren hergestellt. die auf einer gemeinsamen Ableitungsplatte stehen, mit einem angefeuchteten Pulver gefüllt und mit Oel abgeschlossen sind, um das Pulver immer teigartig feucht zu halten.

Für Spannungen bis 36000 Volt bauen Voigt & Häffner (Fig. 47) induktionsfreie Widerstände in Oel. Es sind in ihnen zwischen Asbeststreifen Widerstandsgewebeeinlagen gehalten, über einen Rahmen zickzackartig gespannt und in Oel getaucht, wodurch die Wärmeableitung gross und die Isolation dauernd gut ist.

Das Wesentliche aller solcher Ueberspannungssicherungen oder Ladungssicherungen ist eine Funkenstrecke, welche mit einem Widerstand und einem, durch den abgeleiteten Strom selbst nach und nach zu betätigenden Ausschalter zwischen zwei Leitungen geschaltet wird, welche gegen die Folgen der Ueberspannung auch nur in einer derselben geschützt werden sollen.

An einem Apparat von Patridge ist eine solche Funkenstrecke durch zwei gegeneinanderstehende Kugeln gebildet. Die eine derselben ist an einem Arm aus Messing befestigt, der auf einem Isolator ruht, und an den ein Verbindungsdraht von der einen Leitung angeklemmt werden kann. Die andere Kugel bildet das Ende einer Schraube, welche in einem Bügel aus Metall angebracht ist und eine Veränderung

der Entfernung der Kugeln gestattet. Diese Funkenstrecke ist in einem gusseisernen Gehäuse eingeschlossen, und der erwähnte Bügel ragt, geschützt durch ein langes Isolierrohr, aus dem Gehäuse hervor und ist ausserhalb desselben als Horn ausgebildet. Ihm gegenüber steht auf der oberen Wand des Gehäuses ein zweiter Isolator, welcher das zweite Horn und ein Solenoid trägt. In dem letzteren spielt ein Eisenkern und hebt einen Hebel an, der im Ruhestand die beiden Hörner verbindet, im Falle einer Entladung aber den Lichtbogen zwischen den Hörnern zum Verlöschen bringt, indem er sich an dem andern Horn entlang hebt. Hinter dem Solenoid ist noch ein Widerstand mit hoher Selbstinduktion eingeschaltet, von welchem die Stromleitung zum zweiten zu schützenden Draht geht. Dieser Apparat zeichnet sich dadurch aus, dass nur ein einziger, kleiner und vollkommen abschliessbarer Teil desselben dauernd unter Hochspannung steht. Das Gehäuse hat zwei Wände aus Glas, durch welche man die Distanz der beiden Kugeln beobachten kann, wenn man dieselbe reguliert. Auch ist ein nicht zu unterschätzender Vorteil, dass der Apparat sofort nach dem Aufhören des Funkens, womit auch der Solenoidstrom unterbrochen wird, wieder automatisch betriebsbereit ist; denn sobald der bewegliche Arm mit Hilfe des Solenoidkernes den Funken sozusagen von den Hörnern weggewischt und an die oberen auseinandergehenden Teile derselben abgegeben hat, fällt der Hebel wieder in seine normale Stellung zurück.

Das Gehäuse wird noch überdies der grösseren Sicherheit halber geerdet. Dasselbe Prinzip hat Verfasser zur Konstruktion eines Blitzschlagregistrier- oder -Zählapparates verwendet, über den seiner Zeit die gemachten Erfahrungen veröffentlicht werden.

Die in die Erde verlegten Panzerkabel erhalten Kabelkästen, in denen die Sicherungsvorrichtungen vereinigt sind; die Abschmelzkörper werden von Porzellanstücken getragen, deren Handgriffe das Entfernen des Stückes, bezw. das Einsetzen eines neuen, leicht ermöglichen, ohne dass man in irgend eine Berührung mit den leitenden Teilen zu kommen braucht, was besonders bei Hochspannung wichtig ist. Trotzdem ist es aber immer empfehlenswerter, die Auswechslung im stromlosen Zustand zu bewirken.

2. Selbstschalter.

Die Stromunterbrechung durch Funktionieren einer Sicherungsvorrichtung, bezw. durch das Abbrennen des Schmelzdrahtes kann oft durch momentane Ursachen bedingt sein, welche ebenso momentan selbst aufhören, z. B. Kurzschluss in den Freileitungen bei starkem Sturm. In solchen Fällen ist es mühsam und zeitraubend, die Ersatzstücke einzusetzen, umsomehr, wenn man auf eine Wiederholung dieser Erschei-

nungen gefasst sein muss. Auch bedingt bei starken Lamellen das Abschmelzen eine heftige Hitze und Feuerentwicklung, durch welche oft die Umgebung infolge des Niederschlagens des Metalldampfes in Mitleidenschaft gezogen wird. Deshalb vermeidet man in solchen Fällen Sicherungsvorrichtungen, welche auf dem Abschmelzen beruhen, und verwendet solche, welche auf der mechanischen Ausschaltung durch Magnete aufgebaut sind, die ihrerseits vom Strom erregt werden, bezw. von dem, eine bestimmte Grösse übersteigenden Strom die Kraft zur Auslösung erhalten oder dieselbe bei solcher Ueberschreitung verlieren. Solche selbsttätige Ausschalter oder „Automaten" bestehen aus einer



Fig. 48. Selbstausschalter. Akk.-Fabr. A.-G.



Fig. 49. Selbstausschalter. Voigt & Häffner.

isolierenden Grundplatte (Fig. 48, Akkumulatorenfabrik A.-G.), welche Windungen von Drähten und kontaktbildende Quecksilberwannen trägt, durch welche der Strom in leicht verständlicher Weise geführt wird. Lässt er nach, so gewinnt ein Gegengewicht die Ueberhand und löst den Apparat aus. Diese Apparate funktionieren sehr gut, haben aber den Nachteil, dass bei ihrem Funktionieren häufig Quecksilber umhergeschleudert wird, und dass auch die Oberfläche nicht leicht rein zu halten ist. Deshalb verwendet man in neuerer Zeit Automaten ausschliesslich aus festen Körpern, wie in Fig. 49 (der Firma Voigt & Häffner Frankfurt a. M.) und (Union E. G.) Fig. 50 gezeichnet. Diese Apparate werden bis 240 resp. 650 Volt und bis 1000 resp. 8000 Amp. gebaut.

Wirkt der Apparat derart, dass er die Ausschaltung bei zu starker Vergrösserung der Stromstärke bewirkt, so nennt man ihn einen „Selbstausschalter (Automat) für Starkstrom“, im anderen Falle einen „Automat für Schwachstrom“. Diese Bezeichnung ist falsch, hat sich aber leider eingebürgert. Man könnte versuchen, sie durch „Selbstausschalter für Ueberstrom“, bezw. „für Unterstrom oder Nullstrom“ zu ersetzen.

Es ist selbstverständlich, dass man in Hütten und Gruben solche Sicherungsapparate, bei denen sozusagen betriebsmässig eine Unterbrechung mit Funkenbildung auftritt, entweder in Räumen, in welchen brennbare oder explosive Gase, dann auch elektrisch leitende, brennbare oder explosive Körper in Staub- oder Mehlform oder in grösseren Mengen vorkommen, gar nicht anbringt, sondern lieber die Leitungen durch eine Mauer führt, um die betreffenden Apparate in einem gänzlich gefahrlosen Raum unterbringen zu können, oder, dass man wenigstens durch absolut dichten Abschluss eine Gefahr hintanhält.

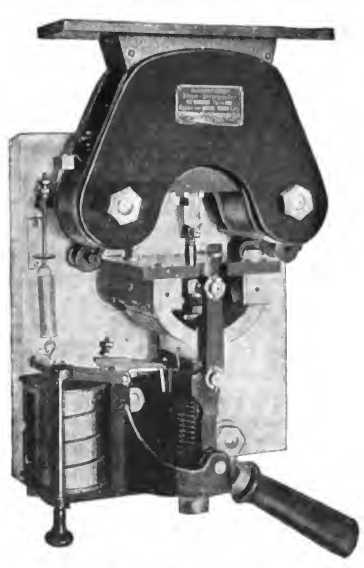


Fig. 50. Selbstausschalter. Union.

Zu den schon erwähnten Stoffen gehören z. B. Benzin, Getreidemehl, Sägespäne, Kohlenstaub, Erzstaub u. dergl.

Mit Rücksicht auf die Erfordernisse des Betriebes erhalten die Apparate für Bergwerke Gehäuse aus Metall oder Isolierkörpern, von denen ein Teil als Deckel leicht abnehmbar ist, jedoch jedesmal ein gutes, dichtes Aufsetzen ermöglicht.

3. Schutzvorrichtungen gegen atmosphärische Einflüsse.

Solche Vorrichtungen müssen bei ausgebreiteten Stromverteilungsnetzen, welche sich nicht im schützenden Bereich von Gebäuden befinden, angewendet werden, obwohl man heute noch nicht ganz klar darüber

ist, ob sie etwas nützen. Man beruhigt sich eben damit, alles getan zu haben, was dem heutigen Stande des Wissens entspricht, um sich keinen Vorwurf einer Vernachlässigung machen zu müssen.

Man kann unterscheiden zwischen

a) Vorrichtungen, welche verhindern sollen, dass eine atmosphärische Entladung überhaupt in eine elektrische Starkstromleitung eindringt, das sind die Blitzableiter, Auffangstangen, Blitzschutzdrähte und Erdleitungen.

b) Vorrichtungen, welche die in eine Leitung gedrungene atmosphärische Entladung, oder die infolge einer solchen in einer Leitung entstandenen Induktionsströme auf dem möglichst rationellsten Wege zur Erde führen, ohne dass dadurch andere Apparate, Dynamos, oder die Umgebung der Aufstellungsorte der letzteren, das Bedienungspersonal oder sonstige Personen Schaden leiden; das sind die eigentlichen Blitzschutzvorrichtungen.

Die Vorrichtungen der ersteren Art, welche die atmosphärische Entladung auffangen sollen, bevor sie in den Draht der Starkstromleitung dringt, bestanden bisher vorwiegend darin, dass man oberhalb der Leitung einen oder mehrere Längsdrähte aus Eisen anbrachte und dieselben von Zeit zu Zeit, etwa an jeder fünften Stange mit einer kurzen Auffangstange und einer Erdleitung versah.

Stacheldraht hierzu zu verwenden erschien als besonders nützlich wegen der kontinuierlichen „Spitzenwirkung". Da es aber hierauf in der Tat nicht ankommt, sondern auf einen Weg zur Erde, der sich dem Blitzstrahl vor seinem Eindringen in die Starkstromleitung bietet, so kann der Stacheldraht nur als Erschwerung der Herstellung betrachtet werden. Es ist auch unrichtig, solche Blitzschutzdrähte, welche zeitweilig mit der Erde absichtlich verbunden werden, an Zwischenstellen auf Isolatoren zu montieren. Da nun ein solcher Eisendraht die schädlichen Induktionserscheinungen nicht verhindern kann, so ist auch die Wirkung desselben als illusorisch zu betrachten. Wenn man aber bedenkt, dass zufolge einer Entladung unter Umständen der Blitzdraht reissen und sich mit den Leitungsdrähten verwickeln kann, also direkt Kurzschluss bildet, so wird man gerne auf die durch die „Blitzschutzdrähte" gewährte, höchst imaginäre Sicherheit verzichten und sein Augenmerk lieber auf die Auffangstangen und Erdleitungen richten.

Die Auffangstangen macht man ganz kurz, etwa 500 mm lang, und legt den Hauptwert auf eine gute Erdleitung. Deshalb verwendet man auch für diese meist Kupferkabel von 50 mm^2 Querschnitt und versieht dieses am unteren Ende mit einer Erdplatte aus Kupfer oder verzinntem Eisen von 1 m^2 Fläche. Sehr gut bewähren sich Netze aus verzinntem Eisendraht. Man muss eine möglichst gute Erdleitung suchen,

welche immer die erforderliche Feuchtigkeit erwarten lässt, sodass der Uebergangswiderstand möglichst klein, auf keinen Fall aber grösser ist, als 20 Ohm pro Erdleitung.

Bis zur Reichhöhe müssen die Erdleitungen gegen Berührung geschützt sein, man hüte sich aber, hierzu Eisenrohr oder überhaupt metallische Körper zu nehmen, denn diese erleiden bei Entladungen des als Wechselstrom aufzufassenden Blitzes stets eine heftige Induktion, selbst wenn sie keine Berührung mit dem Erdkabel haben, und ihre Berührung wird dann ebenso gefährlich, als die der Blitzableitung selbst, bezw. noch gefährlicher, weil man an einen Schutz glaubt, wo keiner vorliegt. Der zur Erde führenden Leitung gibt man in Brusthöhe eine Muffenunterbrechung, um die Erdleitung auch nachher prüfen zu können.

Man kann den Blitzdraht auch aus dem Grunde vermeiden, weil heute schon die eigentlichen Blitzschutzvorrichtungen recht vollkommene Apparate sind. Ihr Zweck ist, Ströme, die entweder durch unmittelbare atmospärische Entladungen oder als Folgen von Induktionswirkungen in einer Leitung auftreten, derart zur Erde abzuleiten, dass einerseits die mit der Leitung verbundenen Apparate, insbesondere Maschinen, vor dem Eindringen dieser Entladungen geschützt sind, und dass andererseits die Leitungen durch die Wirkung der Ableitung nicht dauernd mit der Erde verbunden bleiben.

Es können daher die aus der Schwachstromtecknik entnommenen kammförmigen Blitzschutze nur wenig Wert haben und sind kaum bei Anlagen niedriger Spannung gerechtfertigt, da sie bei einer atmosphärischen Entladung eine dauernde Verbindung mit Erde bilden können, indem die Metallteile, aus denen sie bestehen, aneinander schmelzen.

Bei den Blitzschutzvorrichtungen für Starkstromanlagen, insbesondere jenen für Hochspannung sind folgende Gesichtspunkte massgebend.

Die Funkenstrecke, die als wesentlichster Bestandteil des Apparates aufzufassen ist, muss sich nach der Betriebsspannung richten, bezw. leicht nach derselben einstellen lassen. Ist sie zu klein, d. h. der Uebergangswiderstand zu gering, so bildet sich schon bei geringem Spannungszuwachs ein Lichtbogen und damit Erdschluss oder Kurzschluss; ist sie zu gross, so bietet die zu überspringende Luftstrecke der atmosphärischen Entladung einen grösseren Widerstand, als die mit der Leitung verbundenen Maschinen und Apparate, und es ist Gefahr vorhanden, dass die Entladung zur Erde durch die Maschinen etc. stattfindet, was eben vermieden werden soll. Deshalb müssen auch die Blitzschutzapparate in Gegenden mit starken Schneefällen im Winter, wo elektrische Entladungen selten sind, auf grössere Funkenstrecken eingestellt werden, als im Sommer, oder sie müssen vor Schneefall geschützt, unter einem Dach aufgestellt werden. Insbesondere der weiche ballige Schnee bildet

leicht eine Ueberleitung, welche abgesehen von den dabei auftretenden, manchmal imposant zu nennenden Lade- und Lichterscheinungen des Schnees, nur für den Betrieb eine grosse Belästigung bieten.

Um nun eine Blitzschutzvorrichtung auch im Freien an einem Mast u. dergl. anbringen zu können, überhaupt von der Länge der Funkenstrecke unabhängig zu sein, ist dafür zu sorgen, dass die Löschung des etwa entstehenden Funkens sofort wirksam bewirkt wird, denn sonst fände eine dauernde Erdleitung des Betriebsstroms statt. Diese Funkenlöschung kann durch Teilung der Funkenstrecke in eine Reihe von hintereinandergeschalteten Strecken bewirkt werden, wobei die einzelnen Funkenstrecken sich zwischen Metallstücken befinden, welche aus einer Metalllegierung bestehen, die nicht leitende Dämpfe erzeugt, sodass die Funken nicht stehen bleiben können. Auch schaltet man einzelnen Funkenstrecken induktionsfreie Widerstände zu, die der hohen Blitzspannung den ungehinderten Abfluss zur Erde gestatten, dem Betriebsstrom aber nicht. Endlich kommt auch die magnetische Funkenlöschung in Betracht, bei welcher der Blitzstrom, bezw. der nach der Entladung bei stehenbleibenden Funken auftretende Strom zur Erde um einen Magnet geführt wird, welcher einen Kraftlinienstrahl gegen die Funkenstrecke schleudert, wodurch der Funke gelöscht wird. Da die Windungen um den Magnet eine drosselnde Wirkung auf die atmosphärische Entladung ausüben können, werden dieselben meist mit einem induktionsfreien Widerstand parallel geschaltet. Dagegen müssen Generatoren und Motoren stets durch Drosselspulen geschützt werden. Man wickelt dieselben aus dem Kabel direkt, in neuerer Zeit werden sie als eigene scheibenartige Apparate ausgeführt. Ihre Selbstinduktion leistet dem Blitz Widerstand, nicht aber dem Strom des Generators, und der Blitz geht daher lieber über die Funkenstrecke. Die Grösse der Drosselspulen muss für jede Leitung gerechnet werden.

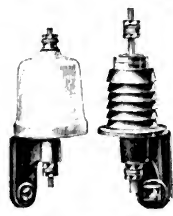


Fig. 51. Glockenblitzschutz. Voigt & Häffner.

Nach der Eignung für verschiedene Zwecke kommen folgende Ausführungsformen in Betracht.

Verwendbar für Gleichstrom bis 250 Volt, für Wechselstrom bis 600 Volt ist die Glockenblitzschutz-Vorrichtung von Voigt & Häffner Fig. 51. Der Apparat besteht aus einer Anzahl von Zinkblechschalen, welche unter Zwischenlage von Isolierplatten aneinander gereiht sind und mit ihren Rändern also eine Reihe von Funkenstrecken bilden. Die darübergestülpte Porzellanglocke gestattet, den Apparat auch ohne weiteres im Freien zu verwenden.

Als gute Konstruktion für Spannungen bis 3000 Volt kann der Scheibenblitzschutz Fig. 52 System Brown, Voigt & Häffner, bezeichnet

werden. Dieser besteht aus einer Reihe kreisrunder dünner Zinkscheiben welche unter Zwischenlage von Glimmer von einander isoliert und konaxial auf einem eisernen Schraubenbolzen aufgeschoben sind, welcher das Zusammenpressen der Scheiben, bezw. das Lüften derselben ermöglicht. Der Blitzstrahl sucht den Weg über den Rand der Platten von Platte zu Platte zur Erde und brennt in dieselben eine mehr oder minder tiefe Nut; sollte die Blitzbahn infolge Verschmelzens der Ränder eine dauernde Leitung zur Erde hergestellt haben, so kann man durch Lüften und Drehen der Scheiben den Apparat sofort wieder funktionsfähig machen. Diese Apparate finden Verwendung in gedeckten Räumen. Auf dem gleichen Prinzip, nämlich der Einschaltung zahlreicher Funkenstrecken hintereinander, beruht die Blitzschutzvorrichtung von Wurtz (Voigt & Häffner) Fig. 53. Dieselbe besteht in einer Reihe von geriffelten Zinkwalzen und gerippten Zinkplatten, welche sich abwechselnd gegenüberstehen und zwischen sich einen kleinen Luftraum freilassen. Die Metallstücke sind in Porzellan gefasst. Der Apparat findet gleichfalls unter Dach Verwendung und kann bis 20000 Volt Betriebsspannung konstruiert werden. Allgemein sind diese Vorrichtungen nur dann ganz entsprechend, wenn die zu schützenden Apparate genügende Selbstinduktion haben (also Drahtwindungen bei Dynamos, Transformatoren etc.). Kabel und Freileitungen besitzen diese Selbstinduktion nicht, man muss ihnen daher eine Drosselspule vorschalten, welche nur dem hochgespannten und mit hoher Wechselzahl behafteten Strom der Blitzentladung Widerstand entgegensetzt. (Fig. 54.)



Fig. 52. Blitzschutz-System Brown. Voigt & Häffner.

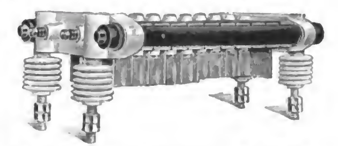


Fig. 53. Blitzschutz nach Wurtz. Voigt & Häffner.

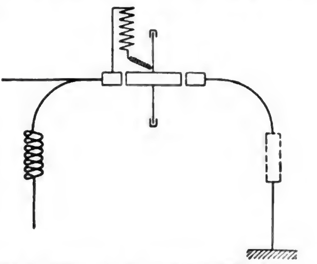


Fig. 54. Schema der Schaltung eines Blitzschutzes. Voigt & Häffner.

Sehr zwekmässig und verlässlich sind jene Blitzschutze, bei welchen gleichzeitig mit der Entladung eine Vergrösserung der Entfernung der Stromübergangsstellen automatisch bewirkt und dadurch der bleibende Funke oder das Anschmelzen der Uebergangsstellen verhindert wird. Eine solche Vorrichtung ist im Schema in Fig. 55 dargestellt und stammt von der A.-E.-G. Berlin.

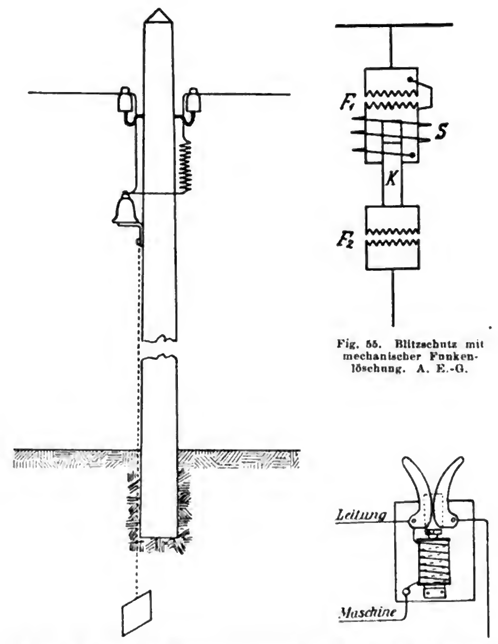


Fig. 55. Blitzschutz mit mechanischer Funkenlöschung. A. E.-G.

Fig. 56. Anbringung der Blitzschutzvorrichtung am Mast. A. E.-G.

Fig. 57. Hörnerblitzschutz von Thomson.

Sie besteht aus 2 übereinander gelegenen Funkenstrecken, welche aus zylindrischen Teilen aus Eisen mit kreisförmig gerillten Endflächen bestehen. Der Unterteil der oberen Funkenstrecke ist hohl und enthält einerseits den als Kolben ausgebildeten Oberteil der unteren Funkenstrecke, andererseits ist er von einigen Windungen dicken Drahtes umgeben, welche die beiden Teile der oberen Funkenstrecke in Parallelschaltung verbinden.

Wenn also eine atmosphärische Entladung erfolgt, so geht sie einerseits durch die untere Funkenstrecke andererseits gleichzeitig zum Teil durch die obere Funkenstrecke und zum Teil durch die mit derselben parallel geschaltete Drahtwindung. Dadurch wird der Unterteil der oberen Funkenstrecke stark magnetisch und zieht den Oberteil der unteren Funkenstrecke heftig an, vergrössert also plötzlich, während der Blitzentladung, bezw. bei Stehenbleiben eines Funkens die Entfernung der Uebergangsstellen und bewirkt das Abreissen des Funkens zwischen den beiden Teilen der unteren Funkenstrecke.

Die Anordnung der Blitzschutzvorrichtung an Masten zeigt Fig. 56. A.-E.-G.

Für Niedrig- und Mittelspannung bis 1000 Volt, Gleichstrom oder Wechselstrom verwendbar ist die Blitzschutzvorrichtung Fig. 58 u. 59 der Akt.-Ges. f. elektr. Unternehmung., München. Auf einem Porzellanrohr mit einer zwischen den Enden gelegenen Zwischenwand sind nach unten zwei feststehende horizontal liegende Kohlenstücke montiert, welche in der gleichen Axe liegen. An dem einen schliesst die Verbindung mit der Fernleitung, an dem andern die Erdleitung an. Zentrisch ist eine Spindel angebracht, welche horizontal um ihre Axe drehbar ist, unten zwei Kohlenstücke, oben ein parallel mit der Axe liegendes Eisenstück trägt. Die letzteren Kohlenstücke stehen normal den oben erwähnten axial gegenüber und lassen dabei zwei schmale Zwischenräume frei. Neben der Spindel ist ein Elektromagnet angebracht, in dessen Bereich sich das erwähnte Eisenstück als Anker befindet; der Elektromagnet liegt im Nebenschluss zu dem durch die Zuleitungen und die beiden Funkenstrecken gebildeten Stromweg. Er funktioniert also, d. h. er zieht den Anker an, sobald durch die von einer Blitzentladung bleibenden Funken der Maschinenstrom zur Erde geht. Dann wird aber die Spindel und mit ihr die beiden von ihr getragenen Kohlenstücke horizontal im Kreise gedreht, und die Funkenstrecken soweit erweitert, dass die Funken verlöschen. Nach Aufhören des Stromes wird der Anker und mit ihm die Kohlenstücke durch eine Feder in die ursprüngliche Lage zurückgebracht. Der Apparat ist durch eine Porzellankappe geschützt.

Als die weitaus verlässlichsten Blitzschutze dürfen jedoch jene gelten, bei denen die Auslöschung des Funkens auf magnetischem Wege erfolgt. Hierher gehört zunächst der Hörnerblitzschutz von Thomson (Fig. 57). Analog, wie ein stromführender Leiter, wird auch der Strom selbst, wenn er auch keine feste, körperliche Bahn besitzt, sondern nur als Funke einen offenen Weg zurücklegt, abgestossen, wenn er in den Bereich eines kräftigen Magnetes kommt; wenn man daher den Maschinenstrom um einen Elektromagnet führt, welcher den Raum zwischen zwei

hörnerförmigen Platten beherrscht, zwischen denen der Blitzstrahl zur Erde abgeleitet wird, so wird dieser Elektromagnet den etwa bleibenden Funken abstossen, direkt wegblasen, bis derselbe zufolge der steten Vergrösserung des Zwischenraumes zwischen den Hörnern selbst verlischt.

Ganz analog ist die Wirkung der Vorrichtung (Fig. 60), welche von der Allgem. Elektr.-Gesellschaft in Berlin für Freileitungen bei deren Eintritt in Gebäude und Transformatorenhäuschen, oder bei Uebergang der Freileitung in eine Kabelleitung, bei Unterfahrung von Eisenbahntrassen u. dgl. angewendet wird. Für Wechselstrom wird

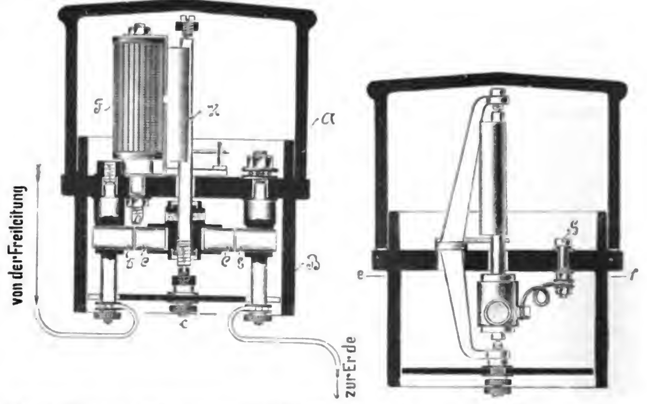


Fig. 58. Blitzschutz-System Bubeck. A.-G. f. El. Unternehm. Fig. 59. Blitzschutz-System Bubeck.

der Kern des Blasmagnetes lamelliert, und das Funktionieren der Vorrichtung ist ganz verlässlich, weil durch den zur Erde abfliessenden Wechselstrom der Blasmagnet solchen Wechseln unterworfen wird, dass die Ablenkung des Lichtbogens immer nach der gleichen Richtung, also nach oben, erfolgt (Dr. Benischke). Fig. 61 zeigt einen solchen Blitzschutz von Voigt & Häffner.

Was die Schaltung der Blitzschutzvorrichtungen betrifft, so ist dieselbe aus Figur 56 zu sehen. Man sucht von der Leitung möglichst ohne scharfe Ecken durch die Vorrichtung und den Widerstand zur Erde zu gelangen und legt es darauf an, dass die mit Drosselspule versehene Zuleitung zur Maschine einen weniger geraden Weg bildet. Es mag dies ja ganz gut sein, obwohl man kaum je dafür Beweise wird bekommen können, bevor man in anderer, verlässlicher Art über atmo-

sphärische Entladungen wird herrschen gelernt haben; man darf aber darin wohl nicht zu weit gehen, da es in der Praxis nicht immer gut möglich ist, diesen Anforderungen zu genügen.

Hinsichtlich der Disposition der Blitzschutze ist als Vorschrift aufgestellt, dass kleinere Anlagen, bei denen die Freileitungen nicht aus dem schützenden Bereich von Gebäuden heraustreten, ohne Blitzschutze ausgeführt werden dürfen; sonst aber ist beim Eintritt der Leitungen in das Maschinenhaus, dann bei den Abzweigungen und überdies auf

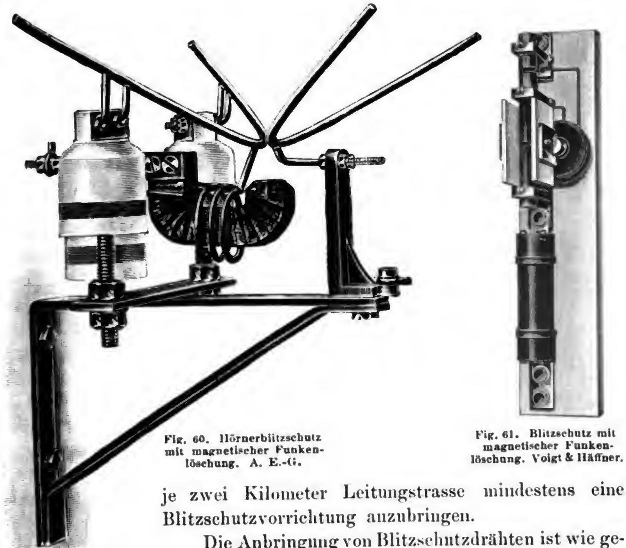


Fig. 60. Hörnerblitzschutz mit magnetischer Funkenlöschung. A. E.-G.

Fig. 61. Blitzschutz mit magnetischer Funkenlöschung. Voigt & Häffner.

je zwei Kilometer Leitungstrasse mindestens eine Blitzschutzvorrichtung anzubringen.

Die Anbringung von Blitzschutzdrähten ist wie gesagt zwecklos, eher schädlich, und es wird hoffentlich nicht mehr lange dauern, bis man seitens der Behörden bezw. der Sachverständigen, davon absehen wird, diese Art von vermeintlichem Schutz anzuordnen.

Für Hochspannungsanlagen (Wechsel- bezw. Drehstrom) sind noch „Ableitungssicherungen“ in Gebrauch, welche bei isoliert aufgestellten Transformatoren die etwa auftretenden statischen Ladungen ableiten. Sie bestehen aus einer Reihe von Funkenstrecken, welche durch Zink- und Glimmerscheiben gebildet werden, und sind mit einem Kurzschlusshebel versehen, um bei Vornahme von Arbeiten am Transformator eine Erdung desselben zu bewirken.

Endlich sind noch die „Durchschlagssicherungen“ zu erwähnen, welche bei Uebertritt von Hochspannung in die Niedrigspannungsleitung von Transformatoren in der letzteren einen vollständigen Kurzschluss hervorrufen und dadurch den Transformator vollständig vom Sekundärnetz trennen.

Es sind in diesen Apparaten, als welche auch gewöhnliche Sicherungsstöpsel verwendet werden können, zwei Metallkontakte vorhanden, welche durch eine sehr dünne Schicht (0,2 mm) Glimmer oder Papier, die manchmal auch noch eine kleine Oeffnung hat, voneinander getrennt sind. Der Apparat wird einerseits an die Niedrigspannungswickelung, anderseits an Erde geschlossen und es ist mit ihm eine Glühlampe parallel geschaltet, welche normal nicht eingeschaltet ist, wohl aber auf kurze Zeit eingeschaltet wird, um zu sehen, ob kein Pol Erdschluss hat, in welchem Falle dann die demselben entsprechende Lampe bei gleichzeitigem Einschalten der Lampen aller Pole dunkler leuchtet, als die anderen.

4. Betriebsapparate.

Die zum Betrieb erforderlichen elektrischen Apparate müssen folgenden allgemeinen Bedingungen entsprechen:

a) Die metallenen Bestandteile der Apparate müssen auf isolierender, fester, feuersicherer und feuchtigkeitsbeständiger Unterlage montiert sein, damit eine zufällige Erwärmung oder Funkenbildung die Unterlage und mit ihr die Umgebung nicht gefährden kann. Selbstverständlich ist sorgfältiges Augenmerk auf die Isolationsfähigkeit zu richten. Deshalb ist z. B. Schiefer nicht so sehr zu empfehlen, als Marmor, Porzellan oder Steingut, weil in dem ersteren nicht selten Adern, Lassen, vorkommen, welche metallische Ablagerungen führen und somit den Schiefer wenigstens für grössere Apparate, wo man die Schiefermasse nicht durch und durch kennen lernen kann, untauglich machen.

Die Schalttafeln zur übersichtlichen Anbringung der Apparate werden häufig in einzelnen Teilen (Pannels) angefertigt, damit die Bearbeitung erleichtert und die Gefahr des Verderbens, z. B. beim Bohren der Löcher, keine so empfindliche wird. Diese Pannels werden auf eisernen Gerüsten montiert und tragen unmittelbar die Apparatenteile. Wenn man aber der Grösse wegen Schalttafeln ganz aus Holz anfertigt, so müssen natürlich die Apparate ihre gesonderten isolierenden Unterlagen erhalten.

Kleinere Schalttafeln, bei denen eine Lösung und Revision der verbundenen Leitungen nicht leicht erforderlich wird, oder von der Vorderseite bewirkt werden kann, werden unmittelbar an die Wand

gehängt und erhalten dazu einen Rahmen aus Holz. Grössere Schaltwände werden so aufgestellt, dass sie hinten zugänglich sind.

Gegen schädliche Wirkungen der Funkenbildung, welche mitunter über die feuerbeständige Unterlage der Apparate hinaus sich geltend machen, werden Verschalungen aus Blech oder Asbestpappe verwendet, eventuell das Holz an den exponierten Stellen mit einem Anstrich aus Eisenvitriol oder Wasserglas versehen.

Porzellanunterlagen sind insbesondere bei eisernen Gerüsten erforderlich; man darf aber dabei nie unterlassen, auch eine weiche Unterlage aus Leder, Gummiplatten, Asbestpappe u. dgl. vorzusehen, damit die Platten der Apparate nicht durch das Aufschrauben gesprengt werden. Hierfür genügen meist kleine Scheiben unterhalb der Stellen, wo unmittelbar der Druck der Schrauben erfolgt.

Dasselbe gilt in erhöhtem Masse bei Verwendung von Holz als Rahmen oder Unterlage, weil sich dieses beim Austrocknen noch deformiert.

b) Auf solchen Unterlagen werden nun die stromführenden Bestandteile befestigt. Die Befestigung erfolgt zumeist durch Verschraubung, dann auch durch Eingiessen von entsprechenden Legierungen oder durch Einschmelzen von Metallen von gleichem Ausdehnungskoeffizienten, wie das umgebende Mittel, z. B. in Hartglas.

Die Entfernung der stromführenden Bestandteile voneinander richtet sich nach der Spannung, für welche der Apparat bestimmt ist, und muss derart bemessen werden, dass ein unbeabsichtigter Stromübergang nicht möglich ist.

Der Anschluss der Leitungen an den Apparat kann entweder durch Einklemmen in Löcher mit seitlichen Spitzschrauben, oder durch Einklemmen von Drahtösen bewirkt werden. Hierbei müssen Kabelenden so verzinnt werden, dass sie einen festen zylindrischen Körper bilden, der beim Klemmen sich nicht zerteilt. Besser ist noch die Anwendung von Blechplatten oder von den bekannten Kabelschuhen. Die Anschlüsse müssen fest, aber doch leicht lösbar sein, und dürfen ausser dem Schraubendruck keinen mechanischen Beanspruchungen unterliegen.

Dass man auf eine leichte und rationelle Bearbeitungsfähigkeit Wert legt, ist nur erklärlich, weil ausser der besseren Qualität solcher Apparate auch ihr Aeusseres in der Regel gefälliger wird, wenn man durchaus leichte maschinelle Bearbeitung an denselben vorfindet.

c) Eine der wichtigsten Fragen bei Beurteilung von Apparaten für elektrische Anlagen ist jene nach einem guten Stromübergang jener Teile, welche sich nur z e i t w e i l i g zu berühren haben, also gegeneinander beweglich sein müssen. Es liegt nahe, wie man bei physikalischen Apparaten schon längst gewöhnt ist, für solche Zwecke

Quecksilbernäpfe zu verwenden, in welche bewegliche Leitungsteile eintauchen.

Es ist aber schon früher erwähnt worden, weshalb diese Art von Kontakten nicht immer entspricht, und was für Unannehmlichkeiten bei ihrer Verwendung auftreten. Es sind dies hauptsächlich die schwierige Reinhaltung des Quecksilbers an seiner Oberfläche und das Umherschleudern desselben bei Funktionieren des Apparates.

Die Rücksichten, welche man bei Apparaten mit Kontaktflächen aus festen Körpern zu nehmen hat, sind nun folgende:

Die Grösse der lösbaren Kontaktflächen muss so gross sein, dass der Strom in ihnen keinen Widerstand findet, d. h. die Kontaktstücke nicht erwärmt, und der Druck, mit welchem der Kontakt gebildet wird, muss gleichfalls so gross sein, dass selbst bei minder genau gearbeiteten Kontaktflächen keine Erwärmung eintreten kann.

Die Kontaktflächen müssen leicht gereinigt werden können; aber besser werden Anordnungen gewählt, bei denen sich die trennbaren Kontaktflächen durch den Gebrauch selbst reinigen. Hier braucht der Druck auch nur ein mässiger zu sein. Apparate mit solchen „Schleifkontakten" sind daher auch leichter zu handhaben.

Der erforderliche Druck der betreffenden Teile wird zweckmässig durch Anwendung von Federn oder durch Herstellung direkt federnder Teile erzielt.

Ebenso kann die gegen die Funkenbildung notwendige, rasche Kontaktlösung mittels Federkraft bewirkt werden.

Eine Teilung der Kontaktflächen in parallele Lamellen, deren jede einzelne als gesonderte Feder zu betrachten ist, sowie die Teilung der Unterbrechungsstellen in mehrere hintereinander geschaltete, ist sehr zweckmässig.

Hinsichtlich der Dimensionierung der Stromübergangsstellen von Betriebsapparaten, insbesondere Schaltern gibt G. Kapp folgendes an:

Bei Kontakten aus lamellierten Schleiffedern betrage die Stromdichte 30 Amp. pro cm^2.

Bei Bürsten aus Kupfer	23—27	A.
„ „ „ Messing	15—20	A.
„ „ „ Kohle	4—7	A.

Für Hütten und Gruben wählt man Apparate, welche den dort herrschenden Umständen angepasst sind.

Aehnlich, wie bei den Sicherungsvorrichtungen erwähnt, ist auch bei den anderen Apparaten, welche Funkenbildung ermöglichen, die Anbringung in Räumen mit brennbaren, staubförmigen und gasförmigen Körpern zu vermeiden, oder die Apparate sind in luft- und staubdichte

Gehäuse einzuschliessen, zu kapseln. Aus Gründen der Herstellung und Anwendung, sowie zur Verminderung der Gefahr bei zufälligem Eindringen der schädlichen Fremdkörper macht man begreiflicherweise die Gehäuse und Kapseln möglichst klein.

Auch im Betrieb hat man manches zu beachten. So soll es verboten sein, die erwähnten Gehäuse zu öffnen, solange Strom durch den betreffenden Apparat geht, und man muss zu diesem Zwecke alle elektrischen Leitungen in der Grube derart mit Ausschaltern versehen, dass alle Pole von der Stromquelle abgetrennt werden können. Diese Ausschalter sollen gestatten, dass die von einer Leitung gespeisten Apparate von ausserhalb des betreffenden Raumes betätigt werden können, und müssen daher an leicht erreichbaren Stellen innerhalb Reichhöhe angebracht werden. Es wird sich auch besonders in Bergwerken, abgesehen von der Ersparnis, empfehlen, aus Sicherheitsgründen alle elektrischen Leitungen ausser der Zeit des Betriebes der von ihnen mit Strom versorgten Lampen, Motoren u. dgl. auszuschalten.

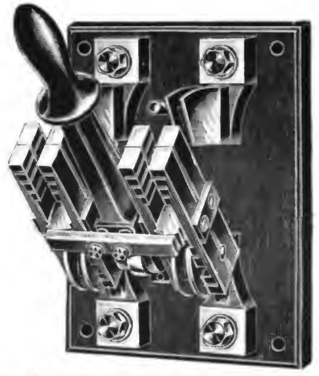


Fig. 62. Doppelpoliger Handausschalter. A. E.-G.

Ein Apparat, mittels dessen man willkürlich von Hand eine Trennung oder Verbindung zweier Punkte respektive Leitungen zum Zwecke des Aufhörens oder Betätigens des Stromes bewirken kann, heisst „Schalter“, „Ausschalter“, „Handausschalter“, im Gegensatz zu dem früher geschilderten, spezifisch als „Sicherungsvorrichtung“ wirkenden „Selbstausschalter“.

Brauchbare Typen dieser Ausschalter, welche ein- und mehrpolig für verschiedene Spannungen angefertigt werden, zeigen die Figur 62 (A. E.-G.), für mittlere Spannung, 550 Volt, bei welchen Spannungen dieselben bis 3000 Ampère gebaut werden, ferner die Figur 63 (A. E.-G.) für Hochspannung (5000 und 12000 Volt, bei maximal 300 bezw. 200 Ampère). Insbesondere bei den letzteren Ausschaltern ist zu beachten, dass sie derart ausgeführt werden können, dass der Apparat als solcher hinter einer Marmortafel liegt, während die Ausschaltung durch eine die Marmortafel durchdringende, ausserhalb mit Kurbel versehene Spindel bewirkt wird.

Hochspannungsschalter, welche, ohne hinter Schalttafeln zu liegen, unzugänglich sind und mittels Griffen an Stangen betätigt werden, sind

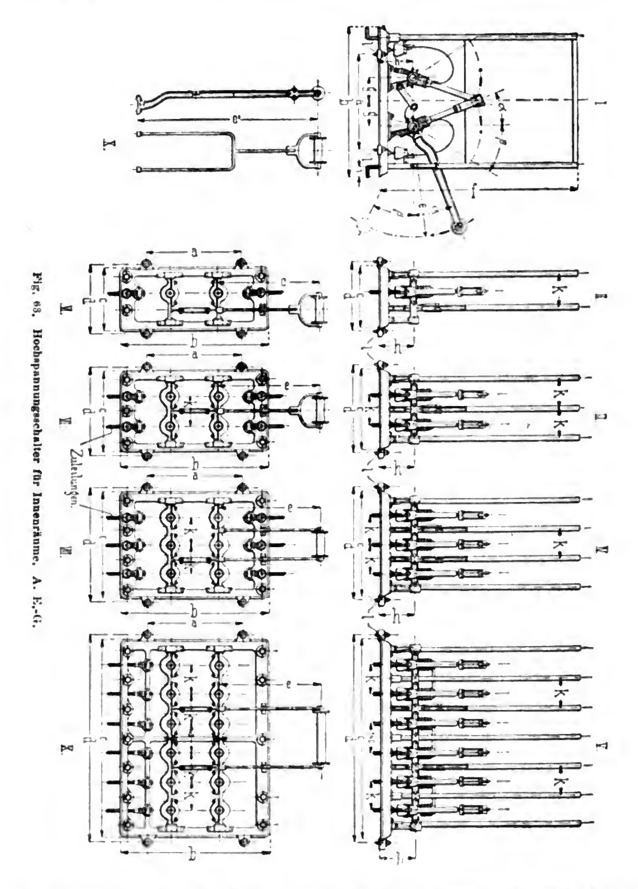


Fig. 63. Hochspannungsschalter für Innenräume. A. E.-G.

in den Figuren 64, A. E.-G. und 65, V. & H., letztere für 25 000 Volt, zu sehen. Fig. 66 ist ein Hochspannungs-Umschalter, bei welchem die Schalthebel mit Zahnradsegmenten bewegt werden. V. & H.

Bei den Ausschaltern sind zwei Stellungen möglich: in die eine wird ein messerförmiges Kontaktstück von Hand durch einen Hebel gedrückt, während die andere bei entgegengesetzter Bewegung des



Fig. 64. Hochspannungsschalter für Innenräume. A. E.-G.

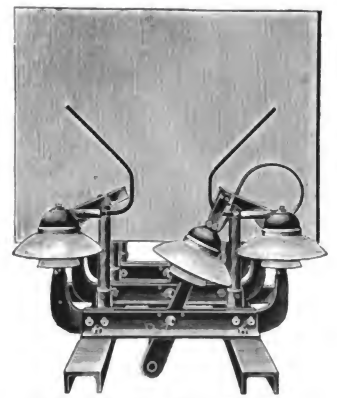


Fig. 65. Hochspannungsschalter 25000 Volt. Voigt & Häffner.

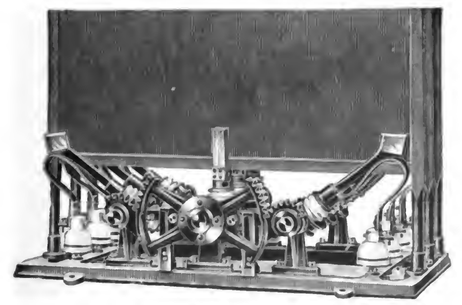


Fig. 66. Hochspannungs-Umschalter. Voigt & Häffner.

Hebels von dem Kontaktstück dadurch eingenommen wird, dass eine zwischen Hebel und Messer eingeschaltete Feder ein rasches Herausreissen des letzteren aus der Kontaktstellung bewirkt.

Einen Hochspannungsausschalter für Freileitungen zeigt Figur 67. Dieser rührt von der Firma Voigt & Häffner her und besteht aus einem Gerippe aus Winkeleisen, welches an einem Mast befestigt werden kann. Auf diesem Gerippe stehen zwei Isolatoren (für jeden Pol 1) einander gegenüber. Der eine dieser Isolatoren trägt auf einer Kappe eine Anschlussklemme für die Leitung und eine horizontale Hülse mit Funkenhorn; der zweite trägt nur die Hülse mit Funkenhorn und die Anschlussklemme. In geeigneter Weise an dem Gerippe gelagert ist eine Achse senkrecht zur Richtung der Verbindungslinie der früher erwähnten Isolatoren angeordnet, welche mittels eines Hebelarmes und einer Zugstange vom Stand auf dem Erdboden aus verdreht werden kann. Diese Achse trägt Isolatoren, welche sich demnach bei Drehung der Achse neigen. Die Berührung wird bewirkt, indem man die Achse gegen die feststehenden Isolatoren dreht. Bei Oeffnen des Schalters übernehmen die Hörner den Oeffnungsfunken und führen ihn unschädlich nach oben bis zu seinem Verlöschen.

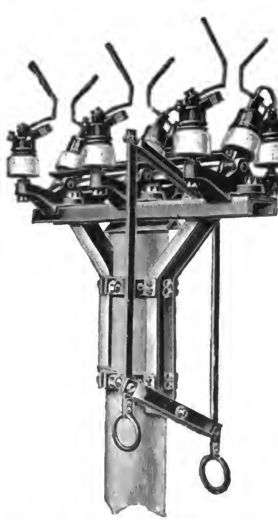


Fig. 67. Hochspannungsschalter für Maste. Voigt & Häffner.

Für Zwecke von Werkzeug- und technologischen Maschinen sind Ausschalter für Fussbetrieb erforderlich.

Für kleine Stromstärken und hohe Spannungen verwendet man Apparate, bei denen die Stromunterbrechung unter Oel, also ohne wahrnehmbare Funkenbildung erfolgt. Die Funkenbildung wird überhaupt bei diesen Schaltern sehr vermindert, indem einerseits der Sauerstoff der Luft abgehalten, anderseits durch das lebhaft bewegte Oel eine Abkühlung der Kontaktstellen bewirkt wird. Diese Schalter eignen sich sehr für den Antrieb in Bergwerken. Die Kontakte sind auf Porzellan montiert und in der Art der Steckkontakte (Konnektoren) geformt (Fig. 68, Voigt & Haeffner).

Es kommt nun auch vor, dass man mit einem solchen Schalter auch einen zweiten Stromkreis alternierend mit dem ersteren betätigen will, dann muss er zwei Stellungen haben, welche beide stromleitend sind, und heisst dann „Umschalter" (Fig. 69, Akkum.-Fabrik A.-G.). Umschalter werden entweder mit oder ohne Unterbrechung konstruiert.

Für Apparate, welche nicht während des Stromdurchganges betätigt zu werden brauchen, und welche man zum Unterschied von den



Fig. 68. Oelschalter. Voigt & Häffner.

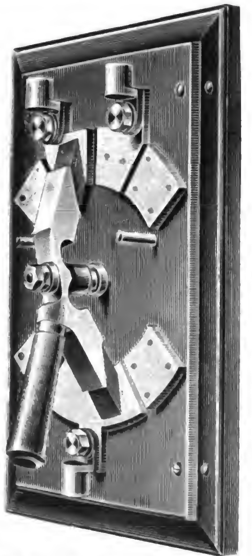


Fig. 69. Umschalter. Akk.-Fbr. A.-G.

Schaltern „Interruptoren", besser „Trennschalter" nennt, sind natürlich ganz wesentliche Vereinfachungen zulässig; insbesondere können die Federn und zweiteiligen Schaltstücke entfallen, da es nicht auf ein rasches Oeffnen ankommt. Als solche Apparate können die alten Typen mit einfacher Kurbel ganz gut gelten.



Fig. 70. Fernschalter. Siemens-Schuckert.

In manchen Fällen ist es erforderlich, Gruppen von Lampen oder auch Motoren von einer Stelle aus zu betätigen, die von dem Aufstellungsort dieser Stromverbrauchs - Apparate entfernt ist. Dies kommt z. B. vor, wenn öffentliche oder Hüttenhofbeleuchtung, Rampenbeleuchtung u. dgl. von einem bestimmten Punkte aus zu bedienen ist, oder wenn ein Motor einer Pumpe in einem Sumpf von einem höheren

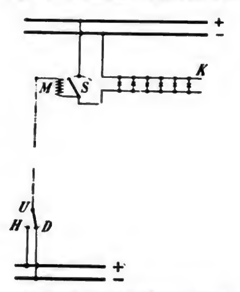


Fig. 71. Schema der Fernschaltung. Siemens-Schuckert.

Horizont angelassen werden soll u. dgl. Zu diesem Zwecke bedient man sich der „Fernschalter“, von denen einer (Siemens-Schuckertwerke) nebst seinem Schaltungsschema für Gleichstrom im Zwei-Leiternetz in den Figuren 70 und 71 dargestellt ist.

Der Apparat besteht aus einem Elektromagnet, welcher einen Schalthebel betätigt. Für Drehstrom wird der Magnet durch einen Elektromotor ersetzt. Ein kleiner Umschalter, welcher entweder von Hand oder automatisch durch ein Uhrwerk in Bewegung gesetzt wird, gestattet, Strom in den Elektromagneten zu leiten; dieser schliesst oder öffnet den Fernschalter und wird dadurch selbst solange stromlos, bis der kleine Umschalter wieder auf den anderen Kontakt gestellt wird, wodurch der Fernschalter die entgegengesetzte Bewegung ausführt.

Oft kommt es vor, dass man den Rheostat der Dynamo mit der Schalttafel vereinigt bezw. denselben unmittelbar neben den Apparaten an die Mauer montiert. Man hat dann entweder den einen Pol der Magnetleitung von der Dynamobürste, den anderen vom Ende des betreffenden Hauptkabels an Schalter oder Sicherungsvorrichtung der Schalttafel, oder besser, beide Pole von den Dynamobürsten abzuzweigen. Die Anwendung von Sicherheitsvorrichtungen im Magnetstromkreis ist unnötig und kann bei mehreren parallel arbeitenden Maschinen direkt gefährlich werden.

Die Entfernungen der einzelnen Apparate auf der Schalttafel richten sich nach der Spannung und der Art der Apparate und müssen derart bemessen werden, dass einerseits bei den regulären Hantierungen kein Kurzschluss gemacht werden kann, und dass anderseits die Strommesser und Spannungsmesser nicht durch die in ihrer Nähe vorbeifliessenden Ströme beeinflusst werden.

Es kann nun beim Betrieb der Fall eintreten, dass die Leitung Erdschluss bekommt, welcher jedenfalls wegen eventuell eintretender weiterer Beschädigung der Umhüllung, z. B. bei Bleikabeln, nachteilig, wenn aber an beiden Polen auftretend für die Belastung der Dynamos höchst ungünstig ist und unter Umständen durch wiederholtes Abschmelzen von Sicherungsstöpseln oder Lamellen zu Betriebsstörungen Veranlassung gibt. Es ist daher notwendig, einen Apparat zu besitzen, welcher diese fehlerhaften Ueberleitungen erkennen und ihre Grösse wenigstens schätzen lässt. Hierzu bedient man sich eines einfachen Apparates, welcher „Erdschlussprüfer“ heist.

Auf einer isolierenden Platte sind mittels kurzer Arme zwei Glühlampen in Hintereinanderschaltung mit den Leitungen verbunden, während die Leitung zwischen den Lampen zur Erde geführt ist. Wenn alle Leitungen intakt sind, leuchten beide Lampen gleich hell, wenn eine Leitung Erdschluss hat, leuchtet die an der anderen Leitung ange-

schlossene Lampe heller, die an der fehlerhaften Leitung angeschlossene Lampe düsterer.

Fig. 72 zeigt ein einfaches Mittel, um Drehstromleitungen auf Erdschluss zu prüfen; es sind 3 statische Voltmeter an je einen Pol und an Erde geschaltet. Hat ein Pol Erdschluss, so sinkt seine Zeigerstellung gegenüber derjenigen der anderen Instrumente.

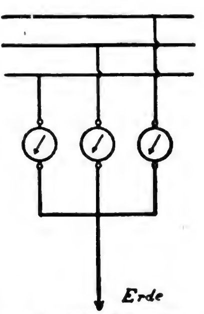


Fig. 72. Schema der Erdschlussprüfung bei Drehstrom. A. E.-G.

Eine besondere Art von Apparaten bilden jene, welche speziell bei Akkumulatorenbetrieb gebraucht werden. Da die Zellen, insbesondere in Grubenräumen, streng abgesondert und in besonders gut bewetterten Abteilungen aufgestellt sein müssen, so kann man die Akkumulatorenapparate, da sie der Einwirkung von Säure entrückt sind, ohne Schutzgehäuse bauen. In Gruben, für welche Sicherheitsgeleuchte vorgeschrieben ist, dürfte wohl allgemein das Aufstellen stationärer Batterien und das Laden transportabler Zellen strengstens untersagt sein, so dass auf keinen Fall die Gefahr vorliegt, dass ein solcher ungeschützter Apparat an Orten Verwendung finden kann, wo er Gefahr bringen könnte oder selbst leiden würde.

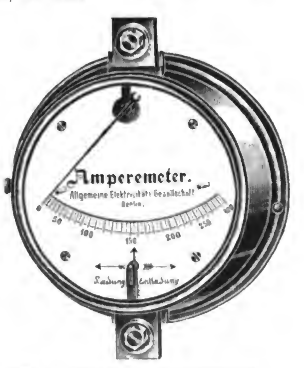


Fig. 73. Strommesser mit Stromrichtungszeiger. A. E.-G.

Bei Ladung von Akkumulatoren braucht man einen Apparat, durch welchen angezeigt wird, ob Strom tatsächlich in den Akkumulator fliesst, oder ihm entnommen wird. Ein solcher Apparat heisst „Stromrichtungsanzeiger". Er besteht aus einer Magnetnadel, welche vertikal zwischen Spitzen schwingt, und oberhalb einer Platte liegt, die vom Strom durchflossen wird. Je nachdem nun der Strom in einer oder der anderen Richtung verläuft, zeigt die obere Spitze der Nadel entweder nach rechts oder nach links. Man kann diesen Apparat auch mit einem Strommesser verbinden (Fig. 73) oder einen Strommesser wählen, welcher die Nullstellung in der Mitte, nach rechts und links aber je eine Skala besitzt und danach eingerichtet ist, die Stärke der Ströme gleichzeitig mit ihrer Richtung zu zeigen.

Wie früher erörtert wurde, ändert sich die Spannung eines Akkumulators je nach seinem Zustand der Ladung oder Entladung in der Weise, dass sie

zu Anfang der Ladung	. . . . .	2,1	Volt,
„ Ende „ „	. . . . .	2,4	„
„ „ „ Ueberladung	. . . .	2,7	„
„ Anfang „ Entladung	. . . .	2,0	„
„ Ende „ „	. . . .	1,8	„

pro Zelle beträgt.

Um also z. B. die gebräuchliche Spannung von 110 Volt am Ende der Entladung zu erreichen, sind $\frac{110}{1,8} = 60$ Zellen in Hintereinanderschaltung notwendig. Diese Zellen haben aber zu Beginn der Entladung $60 \times 2 = 120$ Volt Spannuug, welche sich im Laufe der Entladung stetig verringert und es genügen zu Anfang der Entladung für 110 Volt 55 Zellen. Um also die Möglichkeit zu haben, die überflüssigen Zellen von der Gesamtbatterie abzuschalten und nach Bedarf wieder zuzuschalten, bedient man sich eines Apparates, welcher so zu sagen eine ununterbrochene Reihe von Umschaltern mit gemeinsamer Kurbel darstellt und „Zellenschalter“ heisst. Die Kontakte desselben müssen der Reihe nach an den Endpunkt der Batterie und den Verbindungsleitungen zwischen je zweien der betreffenden, sogenannten Regulierzellen angeschlossen sein, und dem Strom wird durch die Kurbel ein Weg entweder zum Eintritt oder zum Austritt geboten; man hat dann einen „Einfachzellenschalter“, wie er in Fig. 74 (Akkumulatorenfabrik A.G.) dargestellt ist und in mehreren Grössen bis 200 A. und 31 Zellen gebaut wird. Die Zahl der abzuschaltenden Zellen bemisst man nach der Differenz der Spannung bei Beginn und am Ende der Entladung und nach der Endspannung einer Zelle, d. i. $\frac{120 - 110}{1,8} = \frac{10}{1,8} = 6$ Zellen. Da nun ein Kontakt mit dem Ende der Batterie verbunden sein muss, so bekommt der Zellenschalter sieben Kontakte, d. h. allgemein immer um einen Kontakt mehr als er Regulierzellen abzuschalten gestattet.

Wenn man eine Reihe solcher Kontakte von einer Kontaktkurbel bestreichen lässt, so sieht man, dass bei genügend grosser Entfernung der Kontaktlamellen jedesmal beim Uebergang von einer zur anderen eine Unterbrechung, begleitet von Funkenbildung, eintreten wird. Stellt man aber die Kontakte so nahe aneinander oder macht man das Kontaktende der Kurbel so breit, dass diese Unterbrechung nicht stattfindet, so wird jedesmal bei Uebergang der Kurbel von einer Lamelle zur anderen die zwischenliegende Zelle in sich kurz geschlossen. Dies gibt

gleichfalls Funkenbildung und schädigt die Regulierzellen. Deshalb findet man zur Umgehung dieser Uebelstände die Kurbel mit einer Nebenlamelle versehen, welche isoliert an der Kurbel befestigt und mit der letzteren durch eine kleine Widerstanddrahtlocke verbunden ist. Zwischen den Kontaktlamellen sind isolierende Lamellen angebracht, und bei Weiterbewegung der Zellenschalterkurbel berührt zunächst die Nebenlamelle den nächsten Kontakt, der Strom der nächsten zuzuschaltenden Zelle wird durch den Widerstand zur Kurbel geschaltet; es entfällt also einerseits der Kurzschluss und die Unterbrechung, anderseits kann man es mit Hilfe des Widerstandes bewirken, dass nicht sofort die ganze Spannung der zuzuschaltenden Zelle zur bisherigen Betriebsspannung hinzukommt, sondern zuerst etwa die Hälfte, so dass auch der Uebergang von einem Kontakt zum andern sowohl beim Zu- als beim Abschalten der Zellen, was bei Entlastung der Leitungen eintreten kann, ohne lästige Spannungssprünge bewirkt wird. Es ist hierbei zu beachten, dass jenes Ende der Kontaktreihe mit dem Ende der Batterie verbunden werden muss, gegen welches zu die Nebenlamelle liegt, weil sonst beim Umschalten zuerst eine Verminderung der Betriebsspannung um etwa 1 Volt und dann ein plötzlicher Sprung um 3 Volt eintreten würde.

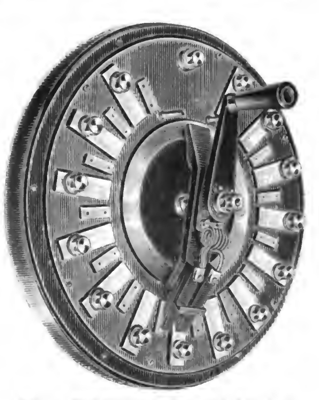


Fig. 74. Einfachzellenschalter, Akk.-Fbr. A.-G.

Zellenschalter mit geringer Zellenzahl werden gebraucht, wenn es beim Betrieb niemals vorkommt, dass während der Ladung Lampen im Netz mitbrennen, weil diese sonst infolge der Spannungserhöhung, welche die Maschine zulassen muss, beschädigt werden. Derartige Zellenschalter dienen also sowohl zum Zuschalten von Zellen bei der Entladung, als zum Abschalten der Regulierzellen bei der gleichfalls unter ihrer Vermittelung bewirkten Ladung; dies ist erforderlich, weil die Regulierzellen viel weniger beansprucht werden und daher auch keine so lange Ladezeit brauchen, wie die Stammzellen der Batterie.

Soll nun aber auch während der Ladung ein geringer Lichtbetrieb bewirkt werden, so kann dies, da es wegen der Spannungserhöhung nicht von der Maschine aus geschehen darf, vom Akkumulator

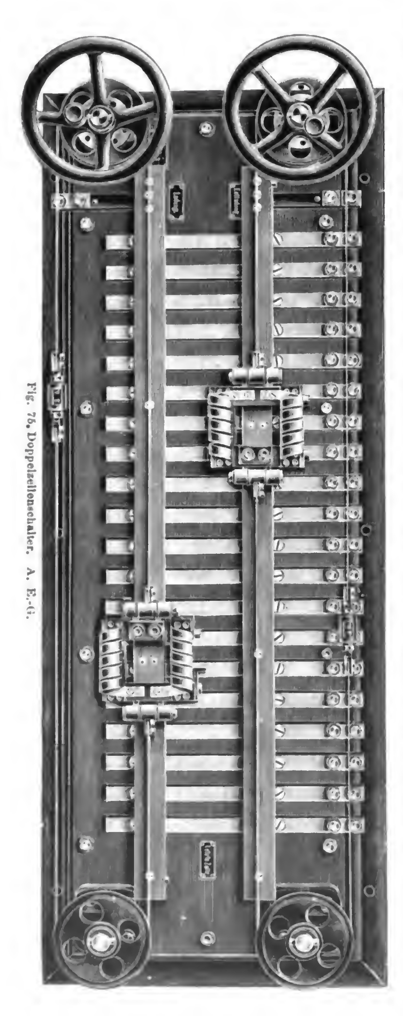


Fig. 75. Doppelzellenschalter. A. E.-G.

aus bewirkt werden, wenn man unabhängig von der Abschaltung der geladenen Zellen die Möglichkeit schafft, in einem seitlichen Stromkreis so viele Zellen abzuschalten, als die Spannung bei Ladung im Verhältnis zur Lampenspannung erfordert. Dadurch entsteht ein sogen. „Doppelzellenschalter“ (Fig. 75 A. E. G.), von welchem ein Teil der gemeinsam auszubildenden Kontakte mittels der Ladekurbel zur Ladung, der andere Teil mittels einer besonderen Entladekurbel zur Speisung der angeschlossenen Lichtleitung verwendet wird. Die Zellenzahl des Doppelzellenschalters bestimmt sich für 110 Volt Betriebsspannung dadurch, dass im Falle der Vollendung der Ladung normal jede Zelle 2,4 Volt Spannung hat; wenn also die Spannung nicht über 110 Volt steigen soll, so muss die Möglichkeit geboten sein, die Lichtleitung mit der Endzelle jener Zellenzahl zu verbinden, welche notwendig ist, um diese Spannung bei 2,4 Volt Zellenspannung zu erreichen, also mit der $\frac{170}{2,4}$ = 46ten Zelle. Somit behält die Batterie 46 Stammzellen und ist mit 14 Regulierzellen auszustatten. Will man aber auch die Ueberladung der

Zellen, welche periodisch vorgenommen werden muss, bei Lichtbetrieb bewirken, so muss der Zellenschalter bei $\frac{110}{2,7} = 40$ Stammzellen 20 Regulierzellen erhalten.

Sind Spannungsverluste zu berücksichtigen, so wird die Zahl der Zellen im allgemeinen vermehrt, sind aber diese Spannungsverluste wegen veränderlicher Strombelastung gleichfalls veränderlich, so müssen die Regulierzellen vermehrt werden, und der Zellenschalter erhält dann eine grössere Zahl von Lamellen.

Die Zellenschalter werden bis zu 31 Zellen und 2000 Ampère gebaut.

Da es im Betriebe von grösseren Einzelanlagen oder Zentralen vorkommt, dass man nach dem Hauptlichtbetrieb das Personal entbehren will und deshalb Akkumulatoren einstellt, welche den geringen dann noch zu leistenden Betrieb übernehmen sollen, so hat sich auch die Notwendigkeit ergeben, die Zellenschalter selbsttätig wirken zu lassen. Man hat dies mit Hilfe eines Relais erreicht, welches von demjenigen Punkte des Netzes mit Strom versorgt wird, an welchem die Spannung konstant erhalten werden soll.

Ein besonderer Apparat ist erforderlich, wenn entweder die Dynamomaschine eine Erhöhung der Spannung zum Zwecke der Ladung der Akkumulatoren nicht zulässt, oder wenn während der Ladung eine so grosse Zahl von Lampen mitbrennen muss, dass die Stromversorgung derselben durch die Regulierzellen nicht tunlich ist, weil sonst der den letzteren zufliessende Ladestrom zu gross werden würde.

Da unter den Begriffen „Laden“ und „Entladen“ zwei entgegengesetzte Prozesse und Stromrichtungen verstanden werden, so ist klar, dass man von einem „gleichzeitigen Laden und Entladen“, wie dies wohl auch genannt wurde, nicht sprechen kann. Vielmehr muss die Maschine die Summe von Ladestrom und Lichtstrom leisten und die Regulierzellen nehmen einen um den Lichtstrom vergrösserten Ladestrom auf. Wenn man nun nicht direkt entsprechend grosse Regulierzellen anwenden will, so bleibt nichts anderes übrig, als die Batterie bei Ladung mit normaler Spannung in zwei gleich grosse Teile zu teilen und diese beiden Teile bei der Ladung parallel zu schalten. Dies geschieht durch den „Reihenschalter“ (Fig. 76), welcher in einer Stellung die Parallelschaltung der Batteriehälften für die Ladung, in der anderen Stellung die Hintereinanderschaltung derselben für Entladung bezw. Parallelbetrieb ermöglicht.

Zwischen der normalen Maschinenspannung, z. B. 110 Volt, und der Ladespannung der beiden Batteriehälften besteht ein Unterschied und zwar

$$\text{zu Anfang der Ladung } 110 - \frac{60}{2} \times 2{\cdot}1 = 110 - 63 = 47 \text{ Volt,}$$

$$\text{„ Ende „ „ } 110 - \frac{60}{2} \times 2{\cdot}4 = 110 - 72 = 38 \text{ „}$$

Diese letztere ist also unbedingt immer bei der Ladung zu vernichten, während die Differenz von 47 auf 38 = 9 Volt nur zeitweilig und nicht immer in voller Grösse, je nach dem Fortschreiten des Ladeprozesses zu vernichten ist. Deshalb ist ferner ein Regulierwiderstand für die doppelte Ladestromstärke und 38 Volt „feste“ und 9 Volt „regulierbare Spannungsvernichtung“ erforderlich.



Fig. 76. Reihenschalter. Akk.-Fbr. A.-G.

Nun tritt aber weiter noch der Fall ein, dass die letzten Regulierzellen früher geladen sind, als die anderen, daher mit Vorteil früher abgeschaltet werden. Würde man dies tun, so würde sich sofort der der einen Batteriehälfte mit den Regulierzellen zukommende Strom wegen der Verminderung der Gegenspannung um die Ladespannung einer Zelle verstärken, die beiden Hälften der Batterie würden also ungleich geladen werden. Deshalb muss noch ein „Ausgleichswiderstand“ verwendet werden, welcher den Strom einer Hälfte aushält und die Spannung von ca. 2,4 Volt vernichtet.

Von den allgemeinen Apparaten für Wechselstrom, welche im Prinzip den erwähnten Apparaten gleichen, und nur bei Anwendung von Solenoïden anders berechnet werden müssen, weicht einer ab, welcher Verwendung findet beim Parallelschalten mehrerer Wechselstrommaschinen. Bei Wechselstrom ist nämlich nicht nur eine gleiche Spannung der Dynamos erforderlich, welche parallel arbeiten sollen, sondern die beiden erzeugten Ströme müssen auch gleiche Phase besitzen, da sonst eine heftige Undulation des Stromes bezw. des Lichtes und oft eine Verdoppelung der Spannung auftreten würde.

Um nun diese zu vermeiden und schon vor dem Parallelschalten der Dynamos die Sicherheit zu haben, dass Phasengleichheit besteht, verwendet man entweder ein Phaseometer (Phasenvoltmeter) oder einen Transformator mit sogen. Phasenlampen.

Ersteres besteht aus einem Voltmesser, welches zwei unabhängige Wickelungen besitzt, die jedoch auf eine Magnetnadel gemeinsam derart einwirken, dass Ströme gleicher Phase dieselbe auf ihre Nullstellung bringen.

Bei letzterer Vorrichtung werden die Ströme zweier Dynamos im Transformator auf die Betriebsspannung der Lampen gebracht und dann mit Hilfe der letzteren gegeneinander geschaltet; solange die Lampen pulsieren, sind die Phasen verschieden, sobald sie erlöschen, kann wegen der eingetretenen Phasengleichheit die Parallelschaltung bewirkt werden.

5. Installationsapparate.

Die hierher gehörigen Apparate sind durchaus für niedrige Spannungen eingerichtet, weil die von den Leitungen gespeisten Installationen im Bereich des Publikums liegen und daher nicht mit hoher Spannung betrieben werden dürfen. Meist ist aber ein Anspruch, den man an sie stellt, der geringe Raum- bezw. Platzbedarf und eine geschmackvollere Ausführung.

Zu den Installationsapparaten gehören vor allem die Schalter. Dieselben werden fast allgemein in Dosenform mit mehr oder minder verzierten Deckeln oder Gehäusen angefertigt. Als Material verwendet man Porzellan oder Steingut, für die Deckel eine Isoliermasse oder Messing, welches aber mit Isoliereinlagen aus Pressspan gegen Angriffe etwaiger Funken geschützt werden muss. Diejenigen Teile, welche die Ueberleitung vermitteln, sind aus Kupfer oder Messing und entweder federnd oder mit Federn an die Kontaktflächen gedrückt. Die einfachste Form ist die einer Kurbel meist mit zweiteiligem Kontakt, oft auch mit Sicherungsvorrichtung.

Die Ausschalter für Wohnungen werden in den verschiedenartigsten Ausführungen bis 20 Amp. Stromstärke angefertigt. Bei denselben ist darauf zu sehen, dass die Unterbrechung möglichst rasch und weit genug erfolgt, um ein Stehenbleiben des Funkens, der bei der Unterbrechung unvermeidlich ist, zu verhindern. Gute Typen, welche besonders letztere Bedingung erfüllen, rühren aus den Werkstätten der A. E.-G. Berlin und sind in Fig. 77 dargestellt. An den meisten Schaltern ist nur das Eine auszustellen, dass sie nicht schon durch ihre Konstruktion die Berührung der Drähte mit der Mauer oder Holz verhindern, die sonst an der ganzen Leitung mit Porzellan- oder Glasrollen verhindert werden muss.

Für Freileitungen werden zwei Isolatoren mit Lamellen und einem Hebel versehen, welcher die Leitungen auszuschalten gestattet.

Für Leitungen in feuchten Räumen und Grubenräumen erhalten die Ausschalter eine Form, welche, wie aus Fig. 78 (A. E.-G.) ersichtlich, eine vollständige Abdichtung der zur Trennung dienenden Flächen und Stücke von der Aussenwelt gestatten.

Sollen Stromkreise mit hoher Induktion ausgeschaltet werden, so ist ein Ausschalter Fig. 79 (A. E.-G.) am Platz, wie z. B. bei



Fig. 77. Dosenschalter. A. E.-G.

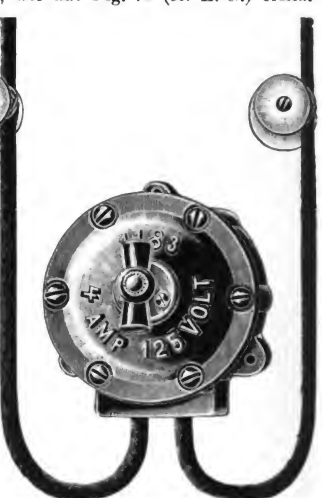


Fig. 78. Dichter Schalter. A. E.-G.

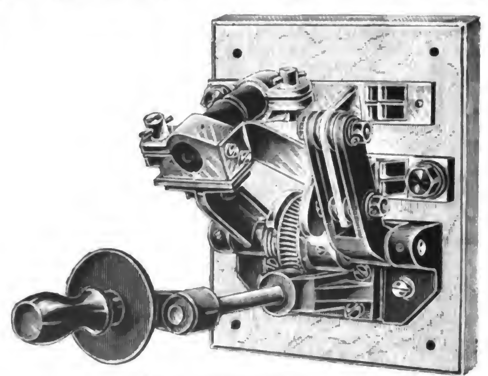


Fig. 79. Induktions-Schalter. A. E.-G.

Serienlampen, Nebenschlüssen grosser Dynamos und drgl., da derselbe Kohlenstücke als Unterbrechungsstellen hat, welche es zulassen,

dass der Strom langsam mit dem Lichtbogen an den Unterbrechungsstellen verschwindet.

Mit diesen, „Ausschalter“ genannten Apparaten ist es nur möglich, einen Stromkreis entweder zu öffnen oder zu schliessen. Im praktischen Betrieb von Anlagen für Beleuchtung, dann auch für manche Kraftabgabezwecke und für Spezialmaschinen ist es aber oft erforderlich, auch Kombinationen von Stromkreisen und mehrfache Schaltungen in verschiedener Reihenfolge vorzunehmen. Hiezu werden diese Apparate mit zwei und mehreren Stromwegen gebaut und heissen „Umschalter“. Ihre Spannung ist entweder 120 oder 250 Volt, Stromstärke obere Grenze 100 Ampère.

Vor allen Installationsapparaten, welche den Namen „Automat“ verdienen sollen, möge ausdrücklich gewarnt werden.

Apparate, welche es ermöglichen Stromschluss zu bewirken oder aufzuheben, indem eine vollständige Lostrennung eines Teiles der Leitung von ihrer Fortsetzung stattfindet, wobei also das Ende der Leitung beweglich ist und die Herstellung des Stromschlusses an verschiedenen Stellen geschehen kann, nennt man „Anschlussvorrichtungen“ oder, weil dieselben in der Regel an der Wand angebracht werden, „Wandkontakte“ (Konnektoren). Sie bestehen aus zwei Teilen, einem fest an der Wand angebrachten Teil, welcher Kontaktflächen enthält, die mit den Zuführungsleitungen verbunden werden, und einem wegnehmbaren Teil, welcher Kontaktstücke trägt, die mit denjenigen des ersteren Teiles korrespondieren, aber mit den beweglichen Fortleitungen verbunden sind.

Erstere Teile sind die bekannten: „Anschlussdosen“, letztere „Anschlussstöpsel“. Man unterscheidet zwischen „Steckstöpsel“ und „Schraubenstöpsel“, wobei bei den ersteren der Kontakt durch einfaches Eindrücken des Stöpsels in die Dose, bei letzteren durch Einschrauben bewirkt wird. Erstere geben raschem Zug sofort nach, ohne die biegsame Leitung einer Verletzung auszusetzen, letztere können auch an Lampenfassungen mit Gewind angebracht werden.

Hinsichtlich der Anbringung von Ausschaltern, Umschaltern, Anschlüssen u. s. w. in Hütten- und Bergwerken gelten die früher gemachten Angaben, und ist hier die grösste Exaktheit und Vorsicht am Platze. Dies gilt besonders für die Wahl der Apparate und für die Ausführung von biegsamen Anschlüssen zu transportablen Motoren, Lampen u. drgl. in Gruben, für welche Sicherheitsgeleuchte vorgeschrieben ist. Hier muss man es streng vermeiden, mit dem Anschluss auszuschalten, bezw. der Anschluss muss derart ausgeführt sein, dass mit demselben ein absichtliches oder zufälliges Ausschalten nicht möglich ist, sondern dass dies nur mit Hilfe eines gekapselten Ausschalters bewirkt werden kann.

Die Anschlüsse selbst sollen so ausgeführt sein, dass sie verschliessbar sind, falls sie nicht benutzt werden, und sollen auch tatsächlich verschlossen bleiben, bis sie wieder zum Betrieb gebraucht werden. Fig. 80 (A. E.-G.) zeigt eine dicht verschliessbare Anschlussdose, Fig. 81 den zugehörigen Konnectorstöpsel. Am vorteilhaftesten geschieht dies mittels verschraubbarer Kappen, welche gleichzeitig die Anschlussdose dichten. Am Motor werden die biegsamen Zuleitungen in der Regel fest mittels Verschraubung angebracht. Wenn dies nicht geschehen ist, so muss das biegsame Kabel derart an den Motor gebunden oder geklemmt werden, dass eine ungewollte Lösung der Kontakt-Vorrichtung im Betrieb nicht möglich ist.



Fig. 80. Dichte Anschlussdose. A. E.-G.

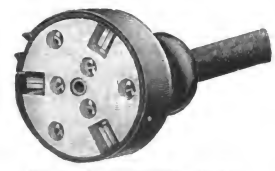


Fig. 81. Konnectorstöpsel. A. E.-G.

6. Zeigende Instrumente.

Der praktische Betrieb eines Elektrizitätswerkes oder einer elektrischen Anlage erfordert nur selten oder bei grösseren Leitungsnetzen die Vornahme von speziellen Messungen, wohl aber eine dauernde Information über die Vorgänge in der Anlage. Es sind daher keine eigentlichen Messinstrumente erforderlich, wohl aber Instrumente, welche hinsichtlich der augenblicklichen Grössen von Strom und Spannung Aufklärung geben, d. h. diese Grössen, bezw. ihre jeweiligen Werte anzeigen.

Diesen Zwecken dienen die Stromzeiger oder Ampèremeter, und die Spannungszeiger oder Voltmeter.

Es gibt unzählige Konstruktionen, bei denen allen die Wirkungen des Stromes mittels der Gegenwirkung einer bekannten richtenden Kraft angezeigt werden. Als richtende Kräfte werden verwendet: der Erdmagnetismus, die Schwerkraft und die mechanische Drehkraft. Die Wirkungen des Stromes, auf denen die Instrumente beruhen, sind die ablenkenden, magnetisierenden und erwärmenden Wirkungen.

Man schätzt bei den Instrumenten die Genauigkeit, d. h. sie sollen eine Aenderung in dem Stand leicht erkennen lassen, grosse Teilung, feine Zeiger besitzen. Auch wünscht man eine gewisse Empfindlichkeit, d. h. es soll schon eine kleine Zustandsänderung

einen erheblichen Unterschied im Stand des Instrumentes ergeben. Die bei den Schwankungen des Stromes auftretenden Pendelungen der Zeiger sind oft sehr lästig, und man zieht daher Instrumente mit guter Dämpfung, bezw. aperiodische Instrumente, den anderen vor.

Es ist ein Unterschied zu machen, ob die Instrumente für Gleichstrom oder für Wechselstrom verwendet werden, denn, während bei der ersteren Stromart der direkte Einfluss des in einer kleinen Zeiteinheit konstanten Stromes benützt werden kann, kommt bei Wechselstrom nur ein gewisser Mittelwert der pro Zeiteinheit veränderlichen Grösse des Stromes zur Geltung. Es ist von Vorteil, bei Wechselstrom die dem richtigen Mittel entsprechende und von Phasenverschiebung und Hysteresis, sowie von der Form der Wechselkurve unabhängige Erwärmung eines stromleitenden Teiles zur Betätigung des Instrumentes zu verwenden. Darauf beruhen die Hitzdrahtinstrumente.

Bei diesen benützt man einen Draht aus Platinsilber als Stromzuführung derart, dass die mit dem Strom zunehmende Erwärmung und Ausdehnung des Hitzdrahtes die Verstellung des Zeigers bewirkt.

Diese Instrumente sind von der Nachbarschaft sowohl in magnetischer, als in elektrischer Hinsicht gänzlich unabhängig und können ohne weiteres zur Messung von Gleichstrom und Wechselstrom verwendet werden.

Bei den elektrostatischen Instrumenten endlich fliesst gar kein Strom durch das Instrument, sondern es werden nur Bestandteile desselben mit den zu messenden Punkten verbunden, worauf sie die Polarität und Ladung derselben annehmen, welche dann ihrerseits durch Abstossung auf isolierte nadelförmige Körper wirkt und dadurch die Ablenkung hervorruft.

Wenn es sich darum handelt, die jeweiligen Zustände punkto Stromstärke dauernd festzuhalten, so bedient man sich der Stromregistrierapparate, welche auf der Kombination eines Stromzeigers mit einer durch ein Uhrwerk bewegten Trommel beruhen, die mit einem entsprechend nach der Zeit und Strom rubrizierten Papierband umzogen wird. Das Ende des der Stromwirkung ausgesetzten Hebels, der an geeigneter Stelle einen Magnetkern besitzt, ist mit einem Schreibstift oder einer Farbwanne versehen und zeichnet also auf dem Papierband eine Linie, deren Abszissen die Zeit, deren Ordinaten, kreisförmig nach dem geometrischen Ort der Schreibspitze gemessen, die Stromstärken darstellen.

Was die Spannungszeiger anlangt, so können alle Instrumente, welche als Stromzeiger dienen, auch für Spannungszeiger be-

nützt werden, nur haben sie dann eine Wickelung, welche einen ganz geringen Strom durchlässt, viele Windungen mit dünnem Draht.

Zum Zwecke der Angabe der Spannung in einem Elektrizitätswerk verwendet man Stationsinstrumente, d. h. solche, deren Skala nur um den Normalpunkt herum gross, weithin sichtbar und genau ist, weil andere Spannungen in diesem Falle nicht interessieren.

Man verbindet auch Spannungsmesser mit optischen und akustischen Signalen, damit dem Maschinenwärter starke Veränderungen der Spannung rasch auffällig werden. Bei solchen Instrumenten wird entweder direkt oder mit Hilfe von Spannungsrelais eine Vorrichtung betätigt, welche ihrerseits das zulässige Maximum und Minimum der Spannung entweder durch Aufleuchtenmachen einer roten und blauen Glühlampe, oder durch Aktivierung einer Klingel anzeigt.

Bei hohen Spannungen bedient man sich auch hier der statischen, d. h. Ladungsinstrumente.

Andere Instrumente müssen bei hoher Spannung mittels Messtransformatoren mit der Leitung verbunden werden.

Besonders zu erwähnen sind: die Differenzialvoltmeter, welche den Zweck haben, den Unterschied zweier Spannungen zu messen. Sie werden verwendet zum Parallelschalten von Dynamos, wo sie auf 0 zeigen, wenn die Spannungen beider Maschinen gleich sind.

7. Verbrauchsmesser.

Die Elektrizitätsmenge ist die durch eine bestimmte Zeit verbrauchte Stromstärke. Wenn also die Stromstärke durch die ganze Dauer der Messung konstant ist, wie dies häufig bei Glühlampenanlagen vorkommt, bei denen der Stromverbrauch pauschaliert ist, so genügt die Einschaltung eines Zeitzählers. Dieser ist eine Uhr, welche durch einen Sperrkegel arretiert ist, der das Uhrwerk auslöst, wenn ein Strom durch den mit einem den Sperrkegel betätigenden Anker verbundenen Elektromagnet fliesst. Solche Zähler rühren her von Aubert, Hartmann u. a. und summieren zufolge ihrer Konstruktion nur die Stunden, während welcher der konstante Strom durch das Instrument ging. Diese Zähler haben den grossen Vorteil für kleine Konsumenten der Elektrizitätswerke, dass sie die eigentlichen Stromkosten nicht so sehr durch die Zählermiete erhöhen, wie dies durch vollkommene Zähler geschieht; sie haben aber den Nachteil, dass man immer die Auslösungsstromstärke als dauernd gebraucht annehmen muss, da es unmöglich ist, eine Abstufung zwischen dieser und der Anlaufstromstärke, bezw. eine höhere Stromstärke, zu berücksichtigen. Wenn es sich daher um mehr schwankenden Verbrauch handelt, so

muss man zu den Ampèrestunden- bezw. Ampèresekundenzählern oder Coulombzählern greifen.

Ein solches Instrument ist der Elektrizitätszähler von Aron.

Derselbe ist eigentlich eine Pendeluhr, deren Pendel einen Magnet trägt und welches von einer unterhalb des Pendels gelegenen Spule beschleunigt wird, sobald und in dem Masse, als die letztere von einem Strom durchflossen wird. Jede Minute Voreilung repräsentiert eine gewisse Strommenge, welche durch Eichung ermittelt wird und Zählerkonstante heisst. Zur Ermittlung der Voreilung ist eine Normaluhr erforderlich, mit der die Zeigerstellungen verglichen werden.

Die Ampèrestundenzähler leiden an dem Nachteil, dass sie ihre Anzeigen nur unter der Voraussetzung einer konstanten Spannung richtig angeben. In der Praxis kommen aber naturgemäss aus manchfachen Gründen Spannungsschwankungen vor, welche nicht leicht zu vermeiden sind, aber dennoch auf den Stromverbrauch einen Einfluss haben. Es ist daher geboten, Apparate zu verwenden, welche die Ampèrestunden in Verbindung mit den jeweiligen Volt angeben, und welche für Gleichstrom, wo die Spannung konstant ist und Stromstärke keine periodischen Aenderungen aufweist, Wattstundenzähler heissen.

Der Ampèrestundenzähler von Aron ist leicht in einen Wattstundenzähler zu verwandeln, wenn man den Magnet am Pendel durch eine Spule mit dünner Drahtbewicklung ersetzt, welche zwischen die beiden Pole der betreffenden Leitung geschaltet wird. Da das Vergleichen mit der Normaluhr lästig und oft auch nicht ganz genau ist, so verbindet Aron in neuerer Zeit Zählpendel und Normaluhr in einem Apparat und lässt beide in entgegengesetztem Sinne auf das eigentliche Zählwerk wirken, welches dann direkt geeignet wird, Wattstunden ablesen zu lassen.

Ein vorzügliches Instrument, welches als Zähler für Wattstunden sehr bedeutende Verwendung gefunden hat, ist der Wattstundenzähler von Thomson.

Dieser entspricht den an einen Zähler zu stellenden Bedingungen am besten.

Als solche kann man aufstellen:

1. Gleichbleibende Genauigkeit für jede Beanspruchung innerhalb weiter Grenzen, d. h. für starke und schwache Ströme;

2. geringer Energieverbrauch des Zählers selbst;

3. einfache und dauerhafte Konstruktion ohne empfindlichen Mechanismus;

4. Fehlen von Eisenteilen für die Stromführung, um den remanenten Magnetismus zu eliminieren,

Die Konstruktion des Zählers ist folgende:

An einem Gestell aus Zinkguss sind zwei Spulen aus dickem Draht oder Kupferband ohne Eisenkern befestigt, derart, dass sie zusammen ein magnetisches Feld erzeugen, sobald der Hauptstrom durch die Windungen fliesst. Zwischen diesen Spulen, also in dem magnetischen Felde, befindet sich eine Spule mit sehr dünnem Draht, gleichfalls ohne Eisen, welche den Anker eines Motors darstellt. Der Strom wird ihr mittels eines Kollektors aus Silberlamellen (wegen der Oxydation und Reibung) und zwei Bürsten zugeführt. Man schaltet ihr auch einen bestimmten Widerstand vor, welcher ihre Tourenzahl bestimmt. Auch wird der Nebenschlussstrom durch Spulen geführt, welche gleichsam eine Compoundierung des Feldes bewirken und den Zweck haben, die Reibungswiderstände des Apparates auszugleichen.

An der mehrfach gelagerten vertikalen Welle des kleinen Motorankers befindet sich oben eine Schnecke, welche das Zählwerk betätigt, unten eine horizontale Kupferscheibe, welche zwischen den Polen von Hufeisenmagneten rotieren kann.

Wenn nun der Strom durch den Apparat fliesst, so beginnt die Ankerspule sich zu drehen und infolgedessen treten in der Kupferscheibe Wirbelströme auf, welche auf die Bewegung bremsend wirken.

Zufolge der Widerstände im Nebenschluss wird der Motor zwar von dem ganzen Strom, aber nur von einem geringen Teil der Spannung betätigt, und anderseits bewirkt der in wenigen Windungen ohne Eisen wirksame Hauptstrom gleichfalls nur ein sehr schwaches Feld. Immerhin bleibt aber die Energie proportional der mechanischen Energie, mit welcher der Mechanismus gedreht wird, und da diese der Umfangskraft und der Geschwindigkeit proportional ist, so ist die verbrauchte elektrische Energie proportional der Umfangsgeschwindigkeit der Kupferscheibe.

Wegen dieser Proportionalität mit der Geschwindigkeit gibt das Zählwerk unmittelbar Wattstunden und zwar sowohl für Gleichstrom, als für Wechselstrom.

Für Dreileiternetze wird ein gleicher Apparat verwendet, und es werden je eine Feldspule (also Hauptstrom) in je einen Aussenleiter eingeschaltet, während die Ankerspule parallel zu diesen Aussenleitern, also auf doppelte Lampenspannung, geschaltet ist.

Es können übrigens auch zwei einfache Zähler in je einem Ausleiter angebracht werden.

Dieser Zähler hat den Vorteil, dass er kein Uhrwerk braucht und immer betriebsfähig ist. Auch hängt er in keiner Weise von äusseren Einflüssen ab und ist sehr kompendiös.

Für Drehstrom werden die Zähler so konstruiert, dass zwei Ankerspulen auf einer gemeinsamen Welle angebracht werden.

Das Feld für die eine Ankerspule wird von einem Leiter gebildet,

während dasjenige der anderen Spule von den beiden übrigen Leitern erregt wird. (Der Zähler hat sechs Klemmen.).

Uebrigens können auch bei Drehstrom zwei einfache Zähler verwendet werden, welche in zwei beliebige Leiter eingeschaltet sind, da hier die Summe der in zwei Leitern aufgewendeten Energie in jedem Augenblicke gleich ist der in dem dritten Leiter verbrauchten Energie.

Vierter Abschnitt.

Beleuchtung.

1. Allgemeines.

Bei der Betrachtung der Verwendungsarten des elektrischen Stromes möge zunächst die Beleuchtung zur Behandlung gelangen.

Das Licht verbreitet sich von einer punktförmigen Lichtquelle aus nach allen Richtungen, und das gesamte von dieser Lichtquelle ausgestrahlte Licht nennt man die Lichtmenge.

Diese Lichtmenge kann man als die Summe aller Ausstrahlungen betrachten, welche von dem Lichtpunkt nach den unendlich vielen Richtungen des Raumes erfolgen. Das in einer dieser Richtungen ausgestrahlte Licht in der Entfernung von einem Meter gemessen, nennt man die Lichtstärke in der betreffenden Richtung.

Die Lichtquellen können räumlich eine gleichmässige Lichtstärke ausstrahlen oder aber, wie dies zumeist der Fall ist, die Lichtstärke ist veränderlich je nach dem Winkel, welchen der betreffende Radius mit der vertikalen oder sonst einer Axe einschliesst. Um im letzteren Falle eine Vergleichung der Lichtquellen vornehmen zu können, reduziert man die verschiedenen Lichtstärken auf diejenige, welche bei durchaus gleichmässiger Stärke gleiche gesamte Lichtmenge ergibt; dies ist die mittlere räumliche Lichtstärke.

Die Lichtstärke im Verhältnis zu derjenigen Fläche, welche das Licht ausstrahlt, heisst „der Glanz“ des Lichtes.

Wenn mit Lichtstrahlen von bestimmter Stärke Flächen beleuchtet werden, welche in verschiedenen Entfernungen von der Lichtquelle sich befinden, so wird durch eine und dieselbe Lichtstärke eine verschiedene Helligkeit der beleuchteten Fläche erzielt, und zwar nimmt die Helligkeit im quadratischen Verhältnis mit dem Zunehmen der Entfernung ab.

Für die einzelnen Grössen hat man in der Praxis folgende Einheiten in Gebrauch:

Als Einheit der Lichtstärke dient die Normalkerze.

Das Mass der Helligkeit ist die Normal-Meterkerze, kurz die Meterkerze (Lux), d. i. jene Helligkeit, welche eine Fläche besitzt, die von der Lichtstärke einer Normalkerze in Entfernung von einem Meter senkrecht getroffen wird. Die Beziehung zwischen Normalkerzen K, Helligkeit L und Entfernung a ist $L = \frac{K}{a^2}$.

Wird eine Fläche nicht senkrecht, sondern in einem Einfallswinkel α des Lichtstrahles zum Einfallslot bestrahlt, so ist die daselbst erzeugte Helligkeit ohne Rücksicht auf etwaige Absorption des Lichtes

$$L_1 = L \cos \alpha = \frac{K}{a^2} \cos \alpha.$$

Daraus folgt nun, dass bei einer gleichförmigen Lichtquelle, welche nach allen Radien die gleiche Lichtstärke ausstrahlt, die erzielte Bodenhelligkeit nicht gleichmässig ist, sondern sich mit der Entfernung des betrachteten Flächenstückes von dem Fusspunkt der Lichtquelle ändert. Die Abnahme dieser Helligkeit ist eine ziemlich rasche.

Man findet fast keine Lichtquelle, bei welcher das Licht nach allen Ausstrahlrichtungen gleich stark ist.

Was den Lichtbedarf anbelangt, so ist derselbe individuell verschieden; auch der Zweck der Beleuchtung bestimmt deren Intensität. Man kann meistens nach folgenden Angaben rechnen.

Alte Gasbeleuchtung auf Strassen . . .	$\frac{1}{30} \ldots \frac{1}{20}$	Meterkerzen,
Auerlicht „ „	0,1—1	„
Bogenlicht „ „	1—2	„
Geringste Helligkeit zum Lesen	10	„
„ „ auf Tisch für dauernde Arbeiten mit den Augen	30—40	„
Festliche Räume auf dem Fussboden	30—40	„

Aus einer Kombination der Helligkeit, Lichtstärke und Höhe der Lampe kann man für den Bedarf in einzelnen Räumen folgende praktische Angaben machen.

Tabelle der gebräuchlichen Helligkeiten.

Strassenbeleuchtung, Nebenstrassen	0,1—0,5	Lux,
Hauptstrassen	1,0	„
Minimum für dauernde Arbeit	10	„
Gewöhnliche Zimmer	16	„
Elegante „	30	„
Gesellschafts- „	50	„
Hallen	3—5	„

Bei Vergleichen der verschiedenen Lichtquellen untersucht man die Arbeit in Gramm Kalorien, welche jede solche Lichtquelle im Verhältnis zu der von ihr entwickelten räumlichen Lichtstärke verbraucht.

Im allgemeinen kann man nur beweisen, dass das Ausnützungsverhältnis, d. h. das Verhältnis der zum Leuchten beitragenden Energie zur gesamten der Lichtquelle zugeführten Energie in unseren gebräuchlichen Lichtquellen ein sehr ungünstiges ist, da der weitaus grösste Teil der letzteren Energie in Wärme umgewandelt und so dem eigentlichen Zweck, Licht ohne Wärme zu bilden, entzogen wird.

Wir arbeiten noch mit viel zu warmen Lichtquellen, und es muss das Bestreben darauf gerichtet sein, kältere Lichtquellen, d. h. solche, bei denen weniger Prozente der Energie in Wärme, aber dafür mehr in Licht verwandelt werden, zu erfinden.

Das Verhältnis der leuchtenden Energie zur Gesamtenergie ist folgendes:

Von der Gesamtenergie werden nach Puluj ausgenützt für Licht

in der Stearinkerze . . .	1,5 %
„ „ Petroleumlampe . .	2 „
„ „ Gaslampe	2—4 „
im Glühlicht	5—6 „
„ Bogenlicht	8—12 „
„ Magnesiumlicht . . .	14 „
„ Auerlicht	14 „
in der Geisslerröhre . . .	34 „

Die Lichtausbeute wird stärker, wenn wir Lichtquellen höherer Temperatur verwenden, weil diese mehr Lichtstrahlen derjenigen Wellen aussenden, die unser Auge physiologisch mehr beeinflussen, nämlich der gelben und roten Strahlen. Darauf beruhen die Bemühungen von Auer, Nernst und die Flammenbogenlampen.

Um die Lichtwirkung zu erhöhen und auch die nach anderen Richtungen des Raumes ausgestrahlte Lichtmenge in einer bestimmten Richtung nutzbar zu machen, verwendet man Schirme und Reflektoren. Soll das Licht konzentriert werden, so muss der Schirm ziemlich tief sein, während man flache oder umgekehrt konische Schirme anwendet, wenn das Licht zerstreut werden soll.

Um den Glanz des Lichtes zu zerstreuen und denselben weniger für die Augen empfindlich zu machen, überdeckt man die Lampen mit Glaskugeln oder Glasglocken, welche auch den Einfluss der Witterung und der Umgebung abhalten.

Solche Glocken werden hergestellt aus verschiedenen Glassorten; sie absorbieren zwar Licht, da sie aber das übrig bleibende gut ver-

teilen, so machen in der Regel Räume mit Lampen, welche Glaskugeln haben, einen besseren Eindruck hinsichtlich der allgemeinen Beleuchtung, als solche, wo der Glanz des Lichtes zu sehr im Gegensatz steht mit der Umgebung.

Man hat zu rechnen:

absorbierte Lichtmenge	bei der Klarglasglocke	.	6 %
„ „	beim überfangenen Glas		12 „
„ „	„ Opalglas	. . . .	25 „
„ „	„ Milchglas	. . .	40 „

Obwohl nun die Schirme und Reflektoren in der Regel die Aufgabe haben, das Licht zu konzentrieren, so kann man dieselben auch verwenden, um den entgegengesetzten Erfolg zu erzielen, nämlich das Licht zu zerstreuen. Dies geschieht mit Hilfe der sog. indirekten Beleuchtung. Das Wesentliche an dieser Beleuchtung ist die Abblendung des intensiven Lichtpunktes durch Anbringung eines unterhalb desselben gelegenen Reflektors und das Zurückwerfen des auf diesen fallenden Lichtes durch einen matten Schirm oberhalb der Lichtquelle, was für Zeichenzimmer, grosse Werkhallen usw. ausserordentlich günstig wirkt.

Es zeigt sich hierbei, dass trotz der unvermeidlichen Absorptionsverluste des Lichtes an den reflektierenden Flächen der subjektive Helligkeitseindruck deshalb ein günstigerer ist als bei direktem Licht, weil durch Vermeidung einer wesentlichen Schattenbildung mit dem zerstreuten Licht eine viel gleichmässigere Beleuchtung erzielt werden kann, welche besser für das deutliche Sehen geeignet ist, als eine wenn auch absolut intensivere, aber kontrastreiche Beleuchtung mit direktem Licht.

Es sind nun zwei Eigenschaften des elektrischen Stromes, welche ihn geeignet machen, elektrisches Licht zu erzeugen, nämlich:

1. die Eigenschaft, dass der elektrische Strom bei Unterbrechung in Form einer leuchtenden Erscheinung, eines Funkens, von einer Seite zur anderen überspringt, welcher aus verbrannten oder vergasten Bestandteilen der Körper an den Unterbrechungsstellen zusammengesetzt ist und dauernd als Funke bleiben kann, wenn keine gewaltsame Zerreissung stattfindet;

2. jene Eigenschaft, dass der Strom die von ihm durchflossenen Leiter um so mehr erwärmt, je grösser deren Widerstand ist, und dieselben damit in Weissglühhitze bringt, bei welchem sie Licht ausstrahlen.

Die erstere Eigenschaft hat zur Erfindung des sog. Bogenlichtes geführt, die letztere ist die Grundlage der Glühlichtbeleuchtung.

Während nun Bogenlicht sich für einzelne starke Lichtquellen eignet, also für die Beleuchtung im Freien, in Hallen, Verladeräumen u. dergl., gestattet das Glühlicht eine so weitgehende Teilung des Lichtes, dass man unter Zuhilfenahme besonderer Stromquellen selbst einzelne Lampen ganz unabhängig von anderen in Betrieb setzen kann, wie dies z. B. bei der Beleuchtung von Arbeitsörtern in Bergwerken gefordert wird und mittels der durch Akkumulatoren betriebenen „Grubenlampen" auch geleistet werden kann.

2. Bogenlicht.

Wie bereits erwähnt, beruht dieses Licht darauf, dass der elektrische Strom nach Auseinanderrückung zweier Körper (Kohlenspitzen), welche denselben leiteten, nicht aufhört, sondern in Form einer dauernden Lichterscheinung weiter bestehen bleibt, die ein intensives Licht ausstrahlt und bei horizontaler Anordnung der Kohlen durch die erzeugte Luftströmung eine bogenförmige Gestalt erhält. Hierbei werden die beiden leitenden Körper durch die bedeutende Hitze, welche erzeugt wird, teils geschmolzen, teils in Dampf verwandelt, teils verbrennen und zerstäuben sie und bilden eine leitende Atmosphäre um die Unterbrechungsstelle.

Als Körper zur Bildung des Lichtbogens werden ausschliesslich Kohlenstifte verwendet. In neuerer Zeit erhalten diese auch Zusätze von Metallsalzen und liefern dadurch ein gefärbtes Licht, welches eine höhere Lichtausbeute gibt.

Es ist nicht gleichgültig, mit welcher Stromart die Bogenlampen betrieben werden, vielmehr zeigt sich ein charakteristischer Unterschied im Lichtbogen, je nachdem die Lampe mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom gespeist wird. Während bei Wechselstrom, bei welchem die Stromrichtung oftmals in der Zeiteinheit sich ändert, beide Spitzen nahezu gleichgestaltet sind und eine entweder einfach kugelförmige oder etwas eingeschnürte Kuppe darstellen, bildet sich bei Gleichstrom nur diejenige Kohle in ähnlicher Weise aus, welche mit dem negativen Pol der Leitung verbunden ist; die positive Kohle dagegen bekommt eine Höhlung, welche je nach der Stromstärke verschieden breit und tief ist, deren Innenfläche aber sich stets in lebhaftester Weissglut befindet, derart, dass von ihr der weitaus grösste Teil der Lichtmenge ausstrahlt und auf die glühenden Teilchen der Atmosphäre des Bogens selbst ein geringer Teil entfällt. Um die Bildung dieser Mulde, des sog. „Kraters", zu befördern, hat man die Stifte, welche für die positive Seite der Lampe verwendet werden sollen, mit einer zentrischen, zylindrischen Höhlung versehen und in diese eine Kohlenmasse mit geringerem Druck

eingeführt, welche also poröser blieb, als die eigentliche Masse der Stifte selbst. Diese porösere Masse nennt man „Docht“ der Kohle und die so hergerichteten Kohlen selbst „Dochtkohlen“.

Gleichstrom und Wechselstrom zeigen noch eine andere Verschiedenheit, indem bei letzterem die beiden Kohlen gleich rasch abbrennen, während bei ersterem die verbrannte Masse an der positiven Kohle doppelt so viel beträgt, als an der negativen. Man hat daher früher die positiven Kohlen doppelt so lang gewählt, als die negativen; jetzt wählt man ihren Querschnitt entsprechend grösser. Dadurch erreicht man einerseits eine günstigere Muldenbildung, anderseits eine geringere Länge des Lampengestelles.

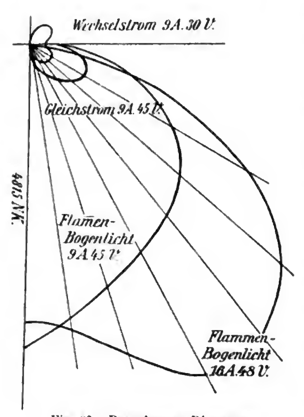


Fig. 82. Bogenlampen-Diagramm.

Wie aus der Figur 82 zu ersehen ist, zeigen die Lichtbögen von Gleichstrom- und Wechselstromlampen einige wesentliche Unterschiede, welche auch ihre Verwendbarkeit für bestimmte Zwecke beeinflussen.

Die blattförmigen Flächen der Diagramme werden von Kurven umschlossen, welche die Polardiagramme der Lichtstärken darstellen, die von dem Lichtbogen in den verschiedenen Richtungen ausgestrahlt werden.

Man sieht daraus, dass Wechselstromlampen sich eignen, wenn oberhalb des Lichtbogens gelegene Flächen mit zu beleuchten sind, also in grossen Räumen mit allgemeiner Beleuchtung. Gleichstromlampen sind mehr am Platz, wenn es sich um grosse Helligkeit der Grundfläche handelt, also Strassenbeleuchtung, Arbeitssäle, Maschinenhallen, Walzwerkshallen, Laderampen, Bahnhöfe.

Aus der dritten Kurve ist aber zu ersehen, wie sehr die beiden bisher verwendeten Arten von Bogenlicht dem neuen „Flammenbogenlicht“ nachstehen. Dies ist einerseits dem Umstande zuzuschreiben, dass das Flammenbogenlicht mit Kohlen arbeitet, welche zufolge von Zusätzen an Metallsalzen, Strontium, Barium das Licht gelblich, bezw. rötlich färben, es also für unsere Augen wirksamer machen, und dass die beiden Kohlenspitzen nicht conaxial übereinander, sondern schräg nebeneinander stehen. Während demnach das von der Mulde des oberen Kohlenstiftes ausgestrahlte Licht bei den gewöhnlichen Bogenlampen durch die untere Kohle vertikal unter dem Lichtbogen ganz abgeblendet wird, kommt

es bei der Flammenbogenlampe ganz zur Geltung. Ueberdies strahlt auch der Lichtbogen bei letzterer Lampe Licht aus, während bei den alten Lampen nur die Mulde der oberen Kohle leuchtet.

Gleichmässige Flächenhelligkeit ist mit Flammenbogenlampen schwerer zu erreichen, weil in den schieferen Radien geringere Lichtstärke herrscht. Man wird sich mit besonders geformten Ballons helfen müssen.

Da es bezüglich der Gleichförmigkeit des Lichtes darauf ankommt, den Lichtquell, also den Lichtbogen, konstant zu erhalten, so musste man auf Vorrichtungen sinnen, welche den Vorschub der Kohlen bei den gewöhnlichen Bogenlampen nach dem Abbrand selbsttätig bewirken. Bei den Flammen-Bogenlampen ist dies weniger notwendig, weil die Kohlen gemäss ihrem Abbrand selbst dem Lichtbogen zu sinken, und weil dieser wegen seiner Länge von 20—25 mm für Ungleichheiten von 0,5—1 mm nicht so empfindlich ist, wie der im ganzen nicht viel über 3 mm lange Lichtbogen der gewöhnlichen Lampen. Man nahm hierzu den Strom selbst und insbesondere die Eigenschaft des Lichtbogens zu Hilfe, einen gewissen Widerstand zu besitzen, welcher mit seiner Länge erheblich variiert. Indem man nun den Lichtbogen als Widerstand mit anderen Widerständen, Solenoiden, Erregerspulen von Elektromagneten u. s. w. in entsprechende Kombination brachte, entstanden unzählige, mehr oder minder empfindliche und genaue Bogenlampenmechanismen, welche alle folgendes gemeinsam haben:

1. Eine geeignete Zuführungsvorrichtung des Stromes zu den Kohlenspitzen, ohne grossen Widerstand, bei Vermeidung veränderlicher Kontaktflächen.

2. Zentriervorrichtungen, um die Kohlenspitzen genau in eine gemeinsame Axe parallel mit der Vorschubrichtung und womöglich in die Axe der Lampe zu bringen, damit bei einem und demselben Lampensystem mit Rücksicht auf die Stromstärke verschieden dicke Kohlen verwendet werden können.

4. Eine vom Strom selbst betätigte Vorrichtung elektrischer oder elektromagnetischer Natur, welche es bewirkt, dass bei allen Erscheinungen im Stromkreis, welche die gleichmässige Lichtstärke stören könnten, diese selbsttätig auf gleicher Höhe erhalten wird.

In dem letzterwähnten Punkt, nämlich in der Art und Weise der Verbindung des Regulierapparates mit dem Lichtbogenstrom liegen die wesentlichsten Unterschiede der Bogenlampensysteme, denen zufolge man folgende Haupttypen unterscheidet:

a) Hauptschluss-Bogenlampen.

Bei diesen liegen der Lichtbogen und die Reguliervorrichtung (in der Regel ein Elektromagnet oder ein Solenoid) hintereinander im Stromkreis.

b) Nebenschluss-Bogenlampen.

Bei diesen Lampen wird nicht der Lichtbogenstrom (Hauptstrom) selbst zur Regulierung verwendet, sondern ein Teil des Gesamtstromes, welcher von den Klemmen in ein Solenoid im Nebenschluss geleitet wird.

c) Differenzial-Lampen.

Bei diesen finden die beiden vorigen Methoden eine geeignete Kombination, und es halten sich daher die Wirkungen des Hauptstromes und des Nebenstromes in geeigneter Weise das Gleichgewicht.

Die Bogenlampen werden mit Rücksicht auf gleichmässiges Licht selten und nur in geschlossenen Räumen oder in Hallen ohne Glasballon verwendet. Im Freien erhält der Mechanismus ein wetterfestes Gehäuse. Auch luftdichte Gehäuse kommen vor für Lampen, die in Säure oder Wasserdampf arbeiten sollen (Färbereien, Papierfabriken, Schwefelsäurefabriken u. dergl.). Es ist aber stets vorzuziehen, die Lampen ausserhalb des Raumes, eventuell vom Dach zugänglich, anzubringen, da die Gehäuse nie die erforderliche Dichtheit lange behalten. Die Glasballons müssen die Gewähr bieten, dass keine glühenden Teilchen, welche von den Kohlenspitzen abbrechen können, herausfallen. Aber selbst wenn hierfür die nötige Sicherheit gegeben ist, sollten Bogenlampen in Gruben, in welchen der Grubenausbau oder das abzubauende Mittel entzündlich sind, nicht verwendet werden.

In Gruben, für welche wegen des erheblicheren Prozentsatzes explosiver Gase Sicherheitsgeleuchte vorgeschrieben ist, sind Bogenlampen eo ipso ausgeschlossen.

3. Glühlicht.

Auf der zweiten, oben erwähnten Eigenschaft des elektrischen Stromes, nämlich Körper von entsprechendem Widerstand zum Glühen zu bringen, beruht die Erzeugung von elektrischem Glühlicht.

Man hat in früherer Zeit alle möglichen Körper versucht, zuerst natürlich Metalldrähte, bis man einsah, dass einerseits ein weitaus grösserer Widerstand erforderlich ist, um ein ökonomisches Licht zu geben, als Metalle ihm bieten, und dass anderseits der Luftabschluss notwendig ist, um einer Verbrennung des hocherhitzten Glühkörpers bei Berührung mit atmosphärischer Luft vorzubeugen.

Von den zahlreichen Versuchen mit Bambus, Kohle, Papier, Graphitteig, Baumwolle, Cellulose u. a. m., welche im verkohlten Zustande als Glühkörper Verwendung fanden, dürften heute nur mehr die beiden letztgenannten praktische Verwendung erfahren.

Wie eine Glühlampe aussieht und wie sie erzeugt wird, kann als bekannt vorausgesetzt werden. In allen Glühlampen ist das Wichtigste der Glühkörper selbst und der luftleere Glasballon, der ihn einschliesst.

Die Qualität der Glühlampen ist viel exakter zu beurteilen, als jene der Bogenlampen, weil sich bei jenen die Arbeits- und Lichtäquivalente besser beurteilen lassen.

Als Bedingungen für eine gute Glühlampe können folgende Punkte aufgestellt werden. Dauerhafter, gleichmässig dicker und glatter Glühfaden; feste Verbindung mit den Zuleitungsdrähten im Innern der Lampe; gute, dauernde Evakuation der Glasbirne; dauerhafte und gute Verbindung der Lampe mit dem Träger derselben, welcher zugleich die Stromzuleitung vermittelt.

Die dünnen Fäden haben den Nachteil geringer Haltbarkeit, und man hat sich daher veranlasst gesehen, die Fäden, welche früher frei schwebten, noch durch zarte Glasarme in der Birne möglichst festzuhalten, wodurch einerseits die Gefahr des Bruches zufolge der Vibrationen des feinen Fadens, andererseits die Gefahr der Beschädigung durch allmähliches Anlegen an die Wand der Birne (bei schiefer Lage der Lampe) vermieden wird. Moderne Lampen sind wohl kaum mehr ohne diese Vorrichtung.

Zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit, aber auch zur Erzielung einer glatten Oberfläche und einer gleichmässigen Dicke des Fadens hat man verschiedene Methoden der Karbonisierung ersonnen, welche alle darauf hinauslaufen, den Faden in einem Medium von Kohlenwasserstoffen zum Glühen zu bringen. An der schwächsten Stelle wird der Faden am meisten weissglühend, es zersetzt sich daher dort die umgebende Kohlenwasserstoff-Atmosphäre und Kohlenstoff schlägt sich nieder. Damit werden Ungleichmässigkeiten in der Dicke des Fadens ausgeglichen. Nach und nach wird aber der ganze Faden mit Kohlenmolekülen bedeckt und erhält dadurch eine harte, glatte Oberfläche. Diese ist erforderlich, damit so wenig als möglich Wärmeausstrahlung stattfindet, welche an rauher Oberfläche stärker ist und eine für den Glühzweck verlorene Energie bedeutet.

Die beste Verbindung des Glühfadens mit den inneren Zuleitungsdrähten ist das Verklemmen mit nachheriger Deckung durch einen galvanischen Ueberzug von Metall, wie dies heute auch zumeist angewendet wird. Diese Verbindung gibt einen guten Kontakt und schützt so die Verbindungsstellen vor unbeabsichtigter Erwärmung, welche schädlich wäre, da man die Wärme auf den leuchtenden Teil des Glühfadens konzentrieren muss, und da ohnedies durch dessen helle Glut die Verbindungsstellen und Zuleitungsdrähte der Lampe mehr erwärmt werden.

Auf ganz anderen Prinzipien als die bisher bekannten Glühlampen, beruht die Glühlampe von Nernst. Während nämlich die Glühfäden im allgemeinen leitende Körper sind, verwendet Nernst als Glühkörper Stäbchen aus einer Masse, die im wesentlichen aus einer Erde besteht, welche im kalten Zustand nicht leitet, erwärmt aber Leitungsvermögen bekommt und bei Durchgang eines Stromes in helles Glühen gerät. Die Lampe brennt ohne Luftabschluss, ist also für Bergwerke nicht immer geeignet; auch leidet sie an einigen Mängeln, von denen der empfindlichste der ist, dass das Glühstäbchen erst angewärmt werden muss, wozu eine „Heizspirale“ von geringerem Widerstand als das Stäbchen im kalten Zustand verwendet wird. Das Anwärmen erfordert immerhin etwa 1 Minute und beeinträchtigt dadurch die Zweckmässigkeit der elektrischen Beleuchtung in vielen Fällen. Ein zweiter Mangel ist es, dass die Lampe sehr empfindlich ist gegen Spannungsschwankungen; sinkt die Spannung, wie dies in jedem Elektrizitätswerk vorkommen kann, so ist das Lichtergebnis der Nernstlampe weit unter demjenigen, welches bei proportionaler Abnahme eintreten sollte, steigt die Spannung nur um wenige Prozente, so steigert sich auch der Strom und die Erwärmung des Glühkörpers, damit sinkt sein Widerstand und es kann somit ein sehr unangenehmer und zweckloser Stromverbrauch eintreten und der ziemlich teure Brenner leicht beschädigt werden; bekanntlich ist es aber in einem halbwegs ausgebreiteten Netz nicht möglich, gegen Spannungsschwankungen absolut sichere Vorkehrungen zu treffen.

Weiters ist ein Nachteil, dass nicht dieselben Lampen und Widerstände für Gleichstrom und Wechselstrom verwendet werden können, und dass die Lampe, insbesondere bei Wechselstrom ein singendes Geräusch erzeugt, aus welchem man sogar die Hubzahl der Dampfmaschinen in der Zentrale entnehmen kann. Auch ist die Dauerhaftigkeit der Brenner keine sehr grosse, und diese müssen bei Gleichstrom an bestimmte Pole angeschlossen werden, d. h. es wird in den Fassungen eine bestimmte Polarität verlangt. Der Hauptvorzug ist, Stromkosten zu ersparen, da der Strom nur etwa 50 % desjenigen ist, den die bisherigen Glühlampen bei gleicher Lichtstärke brauchen. Das Licht der Nernstlampe hat wegen der Kleinheit der lichtausstrahlenden Fläche einen intensiven Glanz, blendet daher, ohne eine angenehme, diffuse Beleuchtung zu geben, und hält nicht lange mit normaler Leuchtkraft an.

Wenn der Strom teuer ist, ist es zweckmässig, Lampen von geringem Wattverbrauch anzuwenden; bei der Nernstlampe werden 50 % des Stromes gegen eine 3wattige Lampe erspart. Es stellen sich also, vorausgesetzt, dass die Lichtabnahme prozentuell während der „Lebensdauer“ die gleiche ist, die Kosten der Beleuchtung mit Nernstlampen

im Verhältnis zu jenen mit den gewöhnlichen Glühlampen immerhin für erstere günstiger, da eben die Stromkosten gegenüber der Erneuerung der Brenner sehr ins Gewicht fallen.

Nach den derzeitigen Preisen lässt sich berechnen, dass die Nernstlampe noch Vorteile hat, wenn der Strom nicht unter 4 Heller p. Hwst. kostet. Die Nernstlampe der A. E.-G. braucht 1.83 Watt p. NK. und dauert 380 Std., was allerdings eingehalten werden muss.

Die Konstruktion der Lampe ist aus der Zeichnung Fig. 83 und der folgenden Schilderung zu erkennen:

Ein hohler Edisongewindestöpsel enthält einen kleinen Magnetausschalter, dessen Anker im stromlosen Zustand nicht vom Magnet angezogen ist, sondern mit einem der 3 Leitungsstäbchen Kontakt hat, welche aus der Platte des Stöpsels herausragen, und auf welche eine Porzellanplatte mit 3 Hülsen gesteckt ist. Es existiert demnach im offenen Zustand ein Stromweg vom Kontaktplättchen des Edisonstöpsels zu einem Leitungsstäbchen über eine Hülse zu einer Heizspirale, welche an der erwähnten Porzellanplatte befestigt ist und das Glühstäbchen umgibt, und von der Heizspirale zurück durch eine zweite Hülse zu einem zweiten Stäbchen und zum Stöpselgewinde. Wenn der Strom geschlossen wird, hat zunächst der Glühkörper bedeutenden Widerstand, deshalb geht der Strom durch den angegebenen Weg. Damit heizt er aber das Glühstäbchen und macht es leitend, und es entsteht bei gleichzeitiger Unterbrechung des erstgenannten Stromweges ein zweiter, nämlich: Wickelung des Schaltmagnetes, Widerstand, Leitungsstäbchen Nr. 3, Glühstäbchen und vereinigt mit der Rückleitung von der Heizspirale zurück zum Stöpselgewinde.

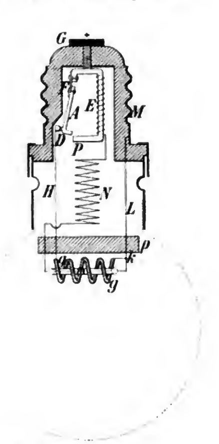


Fig. 83. Nernstlampe.

Die Lampe ist von einer nicht luftdicht schliessenden Glaskugel umgeben. Ihre Wirkungsweise ist sehr leicht zu verfolgen.

Die früher erwähnten Zuleitungsdrähte zum Glühfaden einer Lampe enden in einem zentralen Plättchen, bezw. in einer Gewindehülse und diese beiden Teile vermitteln in einem geeigneten Apparat den Kontakt der Drähte in der Lampe mit jenem der Zuleitung. Ein solcher Apparat heisst „Fassung“. Es gibt unzählige Arten solcher Fassungen, welche mehr oder minder sinnreich erdacht sind.

Die Anforderungen, welche an dieselben zu stellen sind, erfüllt am besten die Edisonsche Gewindefassung. Diese hat folgende Eigenschaften:

a) Sie hat eine handliche Grösse und eine gefällige Form und kann infolge der Metallumhüllung mit allerlei Ueberzügen versehen werden, welche sie den Farbnuancen der Beleuchtungskörper anpassend machen.

b) Sie gestattet eine solide aber leicht lösbare Befestigung an dem Beleuchtungskörper, ohne dass die einzuziehenden Drähte bei ihrem Anschrauben erfasst und mitgedreht werden würden.

c) Die Umhüllung schliesst die stromführenden Teile gut von der Umgebung ab, schützt sie vor Verstaubung und Schmutzansammlung und gewährt eine genügende Festigkeit gegen Beschädigung bei derberer Manipulation.

d) Die stromführenden Teile sind leicht zugänglich und solid, in genügender Entfernung und mit genügend dimensionierten Kontakten und Schräubchen auf einer isolierenden Unterlage montiert, welche feuerbeständig ist und durch Feuchtigkeit nicht beeinflusst wird.

e) Die Kontaktbildung mit den betreffenden Kontakten des Unterteiles der Lampe erfolgt auf genügend grossen Flächen, ist auch genügend fest und leicht lösbar, indem die Lampe einfach in einige Gewändegänge geschraubt wird.

f) Bei Fassungen mit Ausschalter erfolgt die Unterbrechung des genügend grossen und sicheren Schleifkontaktes rasch und auf entsprechend grosse Distanz, so dass eine starke Funkenbildung nicht auftreten kann.

Die Fassungen unmittelbar an dem Zuleitungsdraht zu befestigen, ist unzulässig. Man muss sich mindestens eines Nippelringes und einer Leitungsschnur mit Traglitze bedienen, damit die Zuleitungen gänzlich von Zug entlastet sind. Meist verbindet man mit dem Nippelring auch einen Blechschirm und erforderlichenfalls eine Schutzkugel aus Glas. In soliderer Weise, insbesondere in Räumen, wo Feuchtigkeit vorkommen kann, werden die Glühlampen in wasserdichte Armaturen gehängt, welche mit oder ohne Hängerohr oder Wandarm verwendet werden. Solche dicht schliessenden Schutzgläser sind nicht nur in feuchten Räumen, sondern auch in solchen mit explosivem Inhalt geboten, weil die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass die Glasbirne der Glühlampe, welche bei mechanischer Beschädigung zufolge des Luftdruckes eingedrückt wird und in den allermeisten Fällen den Faden zerreisst, einmal den letzteren dennoch schont, und dieser dann zufolge des Stromes in der explosiven Umgebung verbrennt. Daher gilt diese Vorschrift insbesondere für Grubenbeleuchtung. Bei Gruben mit Sicherheitsgeleuchte muss darauf gesehen werden, dass die Schutzglocken,

resp. die betreffenden Teile des Trägers derselben, die Fassung vollkommen umschliessen, und dass alle Oeffnungen durch Gummiringe oder Isoliermasseverguss hermetisch verschlossen werden. Hier ist auch insbesondere für Traglampen ein weiterer Schutz der Schutzglocke durch einen Drahtkorb oder durch ein Gestell aus Drahtstangen geboten. Die Aufhängung ohne Schutzrohr, also bloss auf der Traglitze, sollte verboten werden.

Die Dichtschlussarmaturen können aus geeigneten Körpern aus Porzellan, Gusseisen, Hartglas u. drgl. bestehen. Für Gruben mit Sicherheitsgeleuchte kommt auch die elektrische Grubenlampe in Verwendung, eine Kombination von Stromquelle (Akkumulator) mit dicht verschlossener und durch ein dickes Schutzglas mit Drahtschutz geschützter Glühlampe.

Diese Akkumulatorenlampen leiden daran, dass sie entweder ein zu grosses Gewicht haben, oder dass die Platten zu geringe Lebensdauer besitzen. Auch haben sie den Nachteil, der ihre Einführung bis jetzt noch immer erschwert hat, dass sie gerade in jenen Gruben, in denen sie wegen ihrer Explosionssicherheit sehr am Platze wären, nicht anwendbar sind, weil der Bergmann auch vor einer durch Schlagwetter verunreinigten Grubenluft gewarnt werden soll, denn diese ist nicht bloss explosiv, sondern auch äusserst giftig, und es würden viele Bergleute zugrunde gehen, wenn sie nicht durch ungefährliche Warnung, wie in der Davylampe, von dem Auftreten von Schlagwettern rechtzeitig Kenntnis bekämen.

Die Schutzgläser kommen nur für Aussenbeleuchtung und in der Grube, selten auch in Magazinsräumen ganz klar zur Verwendung, meist mattiert. Für Beleuchtung mit bestimmter Richtung (Zeichentafeln) werden die sog. Reformkugeln verwendet, welche zur Hälfte mit Milchglas überfangen sind.

Es ist bekannt, dass das Glühlicht sich für Signalwerke besser eignet, als das gewöhnliche Bogenlicht, weil besonders bei Nebel die mehr vorherrschenden roten Lichtstrahlen des ersteren eine grössere Durchdringungsfähigkeit des Nebels besitzen als das mehr weisse Licht der Bogenlampen, mit Ausnahme des Flammenbogenlichtes. Dies wird man z. B. auch bei Grubenbahnen und Hüttenwerksbahnen, sowie bei nächtlichem Tagbaubetrieb u. drgl. zu beachten haben.

Fünfter Abschnitt.

Kraftübertragung.

1. Allgemeines.

Im Grunde genommen ist jede Form, in welcher elektrischer Strom an einer von der Erzeugungsstelle verschiedenen Stelle verwendet wird, elektrische Energie- oder Arbeitsübertragung; speziell unter dem nicht ganz richtigen Ausdruck „Kraftübertragung“ versteht man aber die Uebertragung elektrischer Energie durch Leitungen auf elektrische Maschinen, welche dieselbe aufnehmen und in Form von mechanischer Energie abgeben.

Man sieht, dass das Wesen der Kraftübertragung nichts anderes ist, als die Umkehrung der Erzeugung des Stromes, die Umkehrung in der Anwendung des Prinzipes der elektrischen Induktion. Die drei Faktoren, welche bei elektromagnetischen Erscheinungen massgebend sind, und zwar bewegende Kraft, Magnetismus, elektrischer Strom, kommen auch hier zur Geltung. Während aber eine Kombination von bewegender Kraft und Magnetismus das Entstehen des elektrischen Stromes zur Folge hat, so ergibt die Kombination von Magnetismus und elektrischem Strom als Resultat: bewegende Kraft bezw. Bewegung.

Prinzipiell stellt sich die elektrische Arbeitsübertragung als die Aufgabe dar, einer, der Dynamomaschine ähnlichen Maschine elektrischen Strom zuzuführen, damit dieselbe in entsprechende Umdrehungsgeschwindigkeit versetzt wird und möglichst viel von der erhaltenen elektrischen Energie als mechanische Arbeitsleistung wieder abgibt.

Man hat daher bei den Elektromotoren zu beachten:

die Umdrehungszahl,

den Energieverbrauch und die Energieabgabe (deren Verhältnis, den Wirkungsgrad) und

das Drehmoment.

Hierbei darf man eine wichtige Erscheinung bei allen Elektromotoren nicht übersehen, welche allein viele sonst paradoxe Vorgänge zu erklären im stande ist, und zwar das Auftreten der elektromotorischen Gegenkraft.

Während bei der Dynamomaschine nur eine elektromotorische Kraft auftritt, nämlich jene, welche zufolge der Feldstärke, der Umdrehungszahl, der Zahl der Ankerdrähte und der Länge der induzierten Drähte in den letzteren entsteht, so bestehen bei dem Elektromotor zwei solche elektromotorische Kräfte. Denn einerseits wird dem Anker

die elektromotorische Kraft des Netzes, der Fernleitung, allgemein der Stromquelle mitgeteilt, andererseits tritt in dem Augenblicke, als der Anker nicht mehr ruhig im Magnetgestell liegt, sondern sich zu drehen beginnt, und in dem Maße, als die Geschwindigkeit dieser Drehung steigt, eine unabhängige steigende elektromotorische Kraft in den Ankerwindungen auf, welche der ersten entgegengesetzt ist.

Die gegenseitigen Beziehungen dieser beiden elektromotorischen Kräfte ergeben die einzelnen charakteristischen Erscheinungen des Elektromotorenbetriebes.

Dieses Auftreten der elektromotorischen Gegenkraft gilt mutatis mutandis allgemein, ob Gleichstrom, Wechselstrom oder Drehstrom zur Arbeitsübertragung, bezw. zum Bewegen von Elektromotoren verwendet wird.

2. Gleichstrommotoren.

Ein Draht, welcher von Gleichstrom durchflossen wird und sich in einem Magnetfeld bewegen kann, dreht sich in der in Fig. 84 angegebenen Weise, wobei entweder die Stromrichtung oder die Bewegungsrichtung entgegengesetzt sind derjenigen, welche bei Erzeugung des Stromes in einem Dynamo bestanden. Während z. B. bei der Dynamomaschine die Linksdrehung eine Stromrichtung zur Folge hat, welche vor dem Nordpol nach vorne verläuft, so würde ein gleichgerichteter, also vor den Nordpol nach vorne verlaufender Strom im Motor eine Rechtsdrehung der induzierten Drähte zur Folge haben, und man muss, um die Drehrichtung nach links aufrecht zu erhalten die Stromrichtung umkehren.

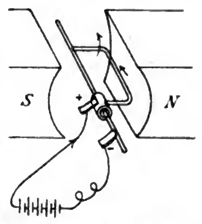


Fig. 84. Schema eines Elektromotors.

Bei Speisung einer solchen Drahtwindung mit Wechselstrom kann gleichfalls eine kontinuierliche Drehung aufrecht erhalten werden.

Es ist aber hierbei zu beachten, dass diese Drehung nicht von selbst entstehen kann, sondern dass sie nur aufrecht erhalten bleibt, wenn zuerst durch äussere mechanische Mittel die Ankerwindungen eine derartige Geschwindigkeit erhalten haben, dass sie immer in dem Augenblick das Feld eines Poles verlassen und in das des anderen sich begeben, wenn in der Stromleitung, bezw. in der stromerzeugenden Maschine, dem Generator, ein Stromwechsel stattfindet; man nennt diesen Gang des Motors den synchronen Gang.

Wenn man den Motor mit Gleichstrom betreibt (Sondererregung der Magnete vorausgesetzt), und dabei Sorge trifft, dass die erforderliche Richtungsänderung des Stromes in den Windungen durch Zuhilfenahme eines Kommutators, in weiterer Folge eines Gleichstromkollektors, bewirkt wird, treten folgende Vorgänge auf:

a) Im Augenblick des Stromschlusses ergiesst sich aus der Stromquelle eine grosse Stromstärke auf die Ankerwindungen, weil der Spannung der ersteren nur ein sehr geringer Widerstand der ruhenden Windungen entgegensteht. Diese grosse Stromstärke kommt in Wechselbeziehung zum Magnetfeld und ergibt einen kräftigen Impuls zur Bewegung, welche eine rasche Beschleunigung der Windungen zur Folge hat, d. h. ein solcher Motor hat zufolge der grossen Anlaufsstromstärke ein grosses Anlaufsdrehmoment und erreicht bald eine hohe Umdrehungszahl. Diese letztere wird nun bestimmt durch die elektromotorische Kraft, welche infolge der Bewegung im magnetischen Feld in den Windungen induziert wird. Den bekannten Regeln nach muss diese Kraft der dem Motor zugeführten Spannung entgegengesetzt wirken, und somit als elektromotorische Gegenkraft auftreten. Die Steigerung der elektromotorischen Gegenkraft ist es nun, welche bei gegebener Betriebsspannung unter Berücksichtigung der inneren Widerstände des Motors die Stromstärke entsprechend der abgegebenen Motorleistung regelt, bezw. deren Grösse beeinflusst, wobei die allgemeine Gleichung gilt

$$J = \frac{E - e}{W}, \text{ darin } J = \text{Stromstärke,}$$

E = Spannung des Netzes,
e = EM. Gegenkraft,
W = innerer Widerstand des Motors.

Man sieht daraus, dass die elektromotorische Gegenkraft durchaus kein Nachteil bezw. Verlust, sondern im Gegenteil eine sehr nützliche Erscheinung ist, da das Güteverhältnis von ihrem Verhältnis zur Spannung abhängt. Wenn sie also nahezu so gross ist, wie die Spannung, so ist das Güteverhältnis nahezu gleich der Einheit, während Motoren ohne Gegenkraft nur Strom absorbieren, aber wenig Leistung abgeben würden.

Die Geschwindigkeit dieses Motors bleibt nicht konstant, denn wenn bei konstantem E und W . . . J sich mit steigender Leistung vergrössert, so muss e abnehmen, also auch die Umdrehungszahl sinken.

Von dieser Betrachtung ist nur ein kleiner Schritt zur Betrachtung der in der Praxis vorkommenden Elektromotoren für Gleichstrom, welche sich in Hauptschlussmotoren und Nebenschlussmotoren scheiden lassen.

je nachdem die Ankerwindungen und die zur Magnetisierung erforderlichen Magnetwindungen vom Strom nacheinander durchflossen werden, oder die Magnetwindungen eine Abzweigung von dem Ankerstromkreis bilden, in welcher ein geringer Teil des Gesamtstromes möglichst unabhängig von dem Ankerstrom die Magnetisierungsarbeit bewirkt.

Man findet für den Hauptschlussmotor, bei welchem Ankerstrom und Magnetstrom stets gleich gross sind, folgendes:

Beim Anlauf herrscht weder im Einzelbetrieb noch bei Anschluss an ein Netz mit konstanter Spannung eine elektromotorische Gegenkraft, daher ist die Stromstärke beim Einschalten sehr bedeutend. Ebenso ist die Anzugskraft, welche nur von der Stromstärke abhängt, sehr gross. Zum Anlassen wird vor die Maschine ein Widerstand, „Anlasser“ geschaltet, welcher so gross ist, dass der Motor bei der gewünschten Belastung so viel Strom aufnimmt, um gut anlaufen zu können, und welcher bei der Zunahme der elektromotorischen Gegenkraft nach und nach ausgeschaltet wird.

Die Drehrichtung der Maschine als Motor ist entgegengesetzt jener der Maschine als Dynamo, bleibt aber die gleiche, in welcher Richtung man auch den Strom einführt.

Während des Laufes bekommt der Motor bald seine normalen Umdrehungen und verliert mit Abnahme der Stromstärke an Zugkraft und Drehmoment.

Die Geschwindigkeit des Motors ist abhängig von der Belastung, wenn die zugeführte Spannung konstant bleibt.

Die Regulierung der Geschwindigkeit bei gleicher Leistung muss durch Beeinflussung der Klemmenspannung des Motors bei konstanter Stromstärke, also durch einen Hauptstromrheostat bewirkt werden.

Bei Entlastung kann der Motor eine Geschwindigkeit annehmen, welche ihn schädigen kann. Der Motor kann „durchgehen“. Man soll daher den Hauptschlussmotor nicht vollständig entlastbar machen, sondern stets das erste Vorgelege mit ihm so verbinden, dass er wenigstens den Widerstand dieses Vorgeleges als bleibende Belastung zu überwinden hat.

Das Umkehren der Laufrichtung (Reversieren) erfolgt dadurch, dass man den Ankerstrom belässt und den Magnetstrom umschaltet.

Zum Anhalten werden, besonders, wenn dies rasch geschehen soll, Bremsvorrichtungen verwendet, von denen in neuerer Zeit die elektrischen Bremsen eine hervorragende Bedeutung erlangt haben.

Die geschilderten Eigenschaften qualifizieren den Hauptschlussmotor zum kräftigen Anheben von Lasten oder starkem Anziehen, also zum Betrieb von Kranen und Trambahnen. Auch die automatische Ge-

schwindigkeits-Regulierung nach der zu bewältigenden Last kommt bei diesen beiden Arbeitsleistungen zugute.

Für den Nebenschlussmotor, bei welchem der Magnetstrom nur ein geringer Teil des Gesamtstromes ist, gilt folgendes:

Bei Anlauf fehlt auch hier die elektromotorische Gegenkraft, demnach ist beim gleichzeitigen Einschalten von Anker und Magneten die Stromstärke gleichfalls sehr gross und um so grösser, als der Magneterregung nur ein ganz minimaler Prozentsatz der Stromstärke zufliesst. Man kann diese Erhöhung der Stromstärke beim Anlauf in annehmbaren Grenzen halten, wenn man die Magnete früher erregt, als der Anker eingeschaltet wird. Da jedoch im Augenblick des Einschaltens des Ankers die Klemmenspannung und mit ihr die Magneterregung etwas sinkt, so ist trotz der hohen Stromstärke die Anzugskraft nicht so gross, als bei Hauptschlussmotoren.

Die Anlasser müssen nach diesem Gesichtspunkte gebaut werden.

Bei dem Nebenschlussmotor mag man den Strom in welcher Richtung immer durch die Maschine schicken, sie dreht sich immer in derselben Richtung, als wenn sie als Generator arbeiten würde.

Die Geschwindigkeit des Motors ist von der Belastung unabhängig und ändert sich nur mit der Spannung.

Die Regulierung der Geschwindigkeit erfolgt durch Rheostate im Hauptstrom, ohne die Magnetwindungen zu berühren, jene der Leistung bezw. des Drehmomentes auch durch Regulierung des Magnetstroms.

Bei Entlastung nimmt die Magneterregung zu, der Motor kann daher nicht „durchgehen".

Wenn also Motoren zufolge des Betriebes eine vollkommene Entlastung erfahren können, so soll man Nebenschlussmotoren wählen.

Das Reversieren erfolgt durch Aenderung der Richtung des Magnetstroms.

Wenn das Anlaufen mit geringerer Energie erfolgen, also sanfter vor sich gehen soll, sind Nebenschlussmotoren am Platz. Ebenso sind sie mit Vorteil verwendbar, wenn sie ohne Belastung anlaufen können. Vorzüglich sind sie geeignet, wenn es sich, wie bei Arbeitsmaschinen oder Personenaufzügen, um konstante Geschwindigkeit bei Speisung aus einem Netz von konstanter Spannung handelt.

Der einphasige Wechselstrom eignet sich nicht ohne weiteres zum Betrieb von Elektromotoren, jedoch haben neuere Versuche in dieser Hinsicht bessere Ergebnisse erwiesen. Eigentliche, praktisch leicht verwertbare Errungenschaften sind aber durch die Anwendung von verkettetem Wechselstrom erzielt worden.

Dies hat seinen Grund darin, dass die Vorgänge im Motor bei Wechselstrom andere sind als bei Gleichstrom. Um funkenlosen Gang bei dem letzteren zu erzielen, muss der Strom unter Berücksichtigung der Bürstenverschiebung an jenen Stellen des Ankers zugeführt werden, welche keiner Induktion durch die Magnete ausgesetzt sind, weil dann durch die Bürsten kurz geschlossene Wicklungsteile keine Stromwindung haben. Bei Speisung mit Wechselstrom aber entsteht wegen der immerwährenden raschen Aenderung des Magnetismus in diesen Windungen immer ein Induktionsstrom.

Die immerwährenden Aenderungen im Magnetismus bedingen auch die grössere Erwärmung der Magnete und des Ankers.

Man müsste daher die Motoren, wenn sie von Wechselstrom betrieben, aber nach analogen Grundsätzen gebaut werden sollten, wie die Gleichstrommotoren, erheblich grösser bauen, um die Erwärmung zu vermindern, ohne jedoch die Funkenbildung beseitigen zu können.

Aehnlich verhält es sich, wenn man Wechselstromdynamos als Motoren laufen lassen will. Diese ergeben gleichfalls nur Motoren, welche eine genau bestimmte, von Polzahl und Wechselzahl des Stromes abhängige Umdrehungszahl haben, nicht selbst angehen und bei Ueberlastung stehen bleiben. Diese heissen deshalb, weil in ihnen eine gleiche Zahl von Phasen gleichzeitig mit dem speisenden Strom zur Geltung kommen muss: Synchronmotoren.

Aus der Natur der Vorgänge in einem solchen von Wechselstrom gespeisten Motor ergibt sich als charakteristisch für denselben, dass er selbst keine Anzugskraft erzeugt und erst dann richtig mit konstanter Tourenzahl arbeitet, wenn er durch äussere Mittel in diese Tourenzahl gebracht worden ist. Unter diese äusseren Mittel gehört z. B. die Anwendung von Wickelungen, welche eine sogen. Hilfsphase, d. i. eine zufolge Zwischenschaltung einer Drosselspule verschobene Phase, erzeugen, so dass der Motor eigentlich als Drehstrommotor (s. später) angeht und erst dann auf den reinen Wechselstrom geschaltet wird. Mittels eines speziell konstruierten Anlassens wird daher zunächst die Hilfsphase eingeschaltet, bis der Motor seinen normalen Gang angenommen hat, dann wird durch den Regulierhebel die Hilfsphase abgeschaltet. Da der Wechselstrommotor genau mit dem Generator synchron laufen muss, bleibt er bei zu grosser Belastung plötzlich stehen.

Mit Rücksicht auf die durch die Selbstinduktion bewirkte Phasenverschiebung hat man vorgezogen, wenigstens den einen Teil des Motors, den Rotor oder Läufer, von derselben etwas unabhängig zu machen, und hat denselben daher zuerst als reinen Eisenkern, dann als „Kurzschlussanker“, später erst als gewickelten Anker mit Schleifringen ausgeführt, wodurch die Möglichkeit des Anlaufens bei voller Last ge-

boten wurde. Der Kurzschlussanker ist dadurch gekennzeichnet, dass er eine durchaus in sich geschlossene Wickelung ohne Stromabnahme, bezw. Stromzuführung enthält, und zwar entweder als Wickelung von Drähten, zumeist aber als Komplex von Kupferstäben, welche durch einen Eisenkern hindurchgehen und an der Vorder- und Hinterseite desselben durch Kupferringe miteinander verbunden sind, wobei die Wickelung als solche das Bild eines Käfigs gibt. (Fig. 85.) Der Schleifringanker besitzt drei in periodisch wiederkehrenden Abteilungen symetrische Wickelungen, deren innere Enden alle miteinander verbunden sind, während die äusseren Enden an Schleifringe anschliessen. (Fig. 86.)

Der Impuls zur Konstruktion von Kurzschlussankern rührt von Thomson her. Dieser machte die überraschende Beobachtung, dass ein Anker, welcher in einem Magnetgestell mittels Wechselstrom in Umdrehung erhalten wurde, auch dann seine Tourenzahl beibehielt, wenn er in sich kurz geschlossen und von der Wechselstromquelle abgeschaltet wurde. Es ist dies dadurch zu erklären, dass durch das Magnetfeld in der geschlossenen Ankerwickelung Ströme induziert werden, und dass diese, von Aussen ganz unabhängigen Ströme den weiteren Einflüssen des Feldes dann ebenso folgen, als wenn sie von Aussen zufliessende Ströme wären. Die „Kurzschlussanker“ sind eigentliche Induktionsanker, die mit ihnen ausgestatteten Motoren heissen Induktionsmotoren.

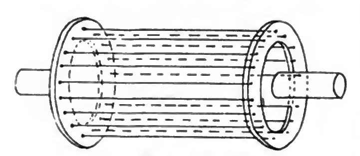


Fig. 85. Käfiganker-Schema.

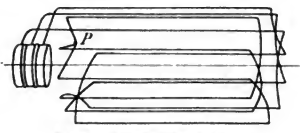


Fig. 86. Schleifringanker-Schema.

Wenn nun auch durch diese Induktionsmotoren erreicht wurde, Motoren ohne schleifende Stromzuführungskontakte zu bauen, da der Erregerstrom durch einfache Klemmen zugeführt wird, so ist hinsichtlich der Qualität der Motoren doch nichts Wesentliches erreicht worden, da dieselben dennoch bei Einphasenstrom die gleichen Eigenschaften behielten, welche die Synchromotoren so unangenehm machen.

Von den Wirkungen des einphasigen Wechselstroms wurde man erst unabhängig, als man die Versuche so weit ausdehnte, Wechselströme, welche der Zeit nach verschieden verlaufen, aber gleiche Amplitüden und Perioden besitzen, miteinander zu kombinieren. Hiermit waren die für die Praxis der elektrischen Kraftübertragung so hervorragend bedeutenden Mehrphasensysteme und die ohne Rücksicht auf die

Phasen des Generators anlaufenden „asynchronen“ Motoren erfunden. Man kann theoretisch jede beliebige Zahl von Strömen miteinander kombinieren.

Praktisch ist diese Zahl aber wegen der verschiedenen erforderlichen Leitungen beschränkt.

Zunächst lag es nahe, den Versuch, einen Motor ohne die schlechten Eigenschaften des Synchronmotors, also einen asynchronen Motor zu bauen, durch Kombination von zwei Wechselströmen zu machen, welche, wie schon bei den Wechselstrommaschinen erwähnt, in der Erzeugung eines Magnetfeldes beruht, dessen Pole (nach Thompson) „wandern“, während der inducite Anker sie „fangen“ will. Ein solches Feld wurde von Thompson als Drehfeld gekennzeichnet.

Wenn also in einem eisernen Ring durch Mehrphasenströme ein Drehfeld erzeugt wird, so wird ein im Innern desselben befindlicher drehbarer Eisenkörper in Drehung versetzt, nimmt selbst an Geschwindigkeit zu, bis er die Geschwindigkeit des Feldes nahezu erreicht und mit demselben daher nahezu synchron läuft. Der Unterschied in der Drehgeschwindigkeit des Feldes und des Ankers in bezug auf die erstere wird „Schlüpfung“ genannt.

Die drehende Wirkung wird verstärkt, indem man den Anker mit einer Wickelung versieht. In Drähten oder Stäben dieser Wickelung werden nämlich bei ihrem durch die Rotation des Eisenkernes bewirkten Vorbeiziehen am Magnetgestell, Ströme induziert, welche die Wechselwirkung zum Magnetfeld erheblich verstärken.

Der Anker wird ebenso wie der Magnetkranz aus Eisenblechen mit Papierzwischenlage angefertigt und je nach der Art der aufzubringenden Wickelung mit Nuten oder Löchern versehen. Es kommt ausser der Kurzschlusswickelung, die vom Kern nicht isoliert wird, noch die offene Wickelung in Betracht. Die erstere ergibt einen vollkommen pollosen Anker, es kann daher die Zahl der Stäbe, aus welchen der Kurzschlussanker hergestellt wird, vollkommen von allen anderen Grössen unabhängig gewählt werden. Die offene Wickelung gibt Anker mit ausgeprägten Polen, und zwar sind die Wickelungen derart angeordnet, dass der Anker die gleiche Zahl von Polen bekommt, wie der Stator. Jede solche Wickelung dient für einen in ihr unabhängig von den anderen Strömen induzierten einfachen Wechselstrom, und die Wickelungen ergeben die Verschiebung dieser Wechselströme um bestimmte Phasen; man hat daher auch für diesen Anker den Namen Phasenanker gebraucht.

Ein Motor mit Kurzschlussanker kann keine Schleifringe haben. Will man den Motor aber regulieren, so muss man Widerstand in den Ankerstromkreis einschalten können, also einen Schleifringanker wählen.

Die zum Anlassen erforderlichen Widerstände müssen mit Hilfe eben dieser Schleifringe mit den Wickelungsdrähten des Ankers verbunden werden. Nach Erreichen der normalen Tourenzahl werden aber die Schleifringe kurz geschlossen, die Widerstände ausgeschaltet und die Wickelung in eine mehrteilige Kurzschlusswickelung verwandelt, deren einzelne Windungen bezw. Stäbe nicht unmittelbar, sondern erst nach entsprechender Weiterführung und Verbindung mit analog induzierten, in Gruppen durch die Schleifringe kurz geschlossen werden, während die anderen Enden ihren Kurzschluss bleibend an dem bereits erwähnten neutralen Punkt des Motors haben.

Die Drehstrommotoren verhalten sich wie folgt:

a) Motor mit Kurzschlussanker. Da beim Anlauf in den Windungen des Kurzschlussankers eine grosse Stromstärke induziert werden muss, so verbraucht auch der äussere Stromkreis des Stators aus dem Netz, welches z. B. mit konstanter Spannung betrieben wird. einen sehr bedeutenden Strom, erzeugt aber ein bedeutendes Anzugsmoment.

Dies hat bei kleineren Motoren nichts zu sagen, wohl aber wegen der Rückwirkung auf das Netz bei grösseren; daher werden die Motoren mit Kurzschlussanker nur bis 5 PS. angewendet. Der Stromstoss bei grösseren Leistungen ist schädlich, da aber die erzielte Anzugskraft übermässig gross ist, mildert man beides durch Anwendung einer separaten Wickelung auf dem Anker, welche aber nicht dauernd eingeschaltet bleiben darf. Sie hat nämlich einen grossen Widerstand, muss daher bei Erreichung der synchronen Tourenzahl der Kurzschlusswickelung wieder Platz machen. Ein solcher Anker heisst Stufenanker.

Die Geschwindigkeit des Motors ist nicht zu regulieren (die diesbezüglichen Versuche sind noch nicht als abgeschlossen zu betrachten).

Das Reversieren kann erfolgen durch Umschalten bezw. Vertauschen von zwei Zuleitungen, weil dadurch der Strom einer Phase in solchen von entgegengesetzter Richtung verwandelt wird. Zwischen 2 und 5 PS. kann man noch mit einer Methode auskommen, welche darin besteht, dass man dem Stromkreis eines Motors mit Kurzschlussanker, d. h. den Windungen des Gehäuses oder des Ständers, Widerstände vorschaltet, welche nach und nach abgeschaltet und schliesslich kurz geschlossen werden (Fig. 87, 88, A. E.-G.). Da diese Methode aber zwar die Rückwirkungen des Motors auf das Netz etwas mässigt, sonst aber den Gang des Motors nicht beeinflusst, insbesondere den Anlassstrom nicht erheblich herabdrückt, so zieht man bei grösseren Motoren vor, einen Anker mit Schleifringen zu wählen, mittels deren man dem Ankerstromkreis, sei es bloss vorübergehend zum Anlassen, sei es auch

dauernd zum Zweck des Regulierens Widerstand vorschalten kann. Werden die Widerstände nur in der Anlaufperiode benützt, so bekommt der Schleifringanker einen Kurzschliesser und die Bürsten werden nach dem Anlassen abgehoben. Der Regulier-Schleifringanker aber erhält keinen Kurzschliesser.

Wenn also Motoren oft ein- und ausgeschaltet werden sollen, so eignen sich solche mit Regulier-Schleifringanker besser (Fig. 89, 90, A. E.-G.). Solche Motoren werden von 7 PS. an bis zu

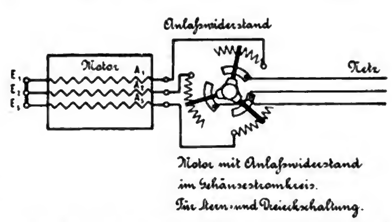


Fig. 87. Schaltung eines Motors mit Kurzschlussanker. A. E.-G.

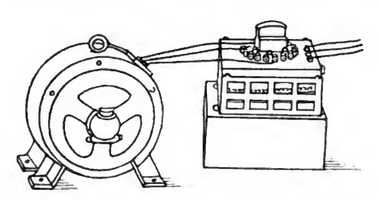


Fig. 88. Anordnung eines Motors mit Kurzschlussanker. A. E.-G.

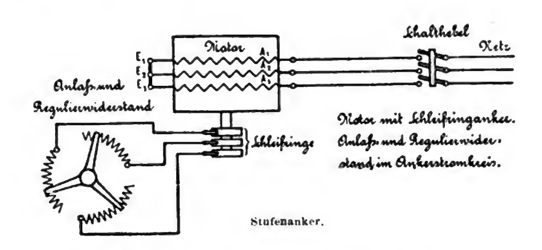


Fig. 89. Schaltung eines Motors mit Schleifringanker. A. E.-G.

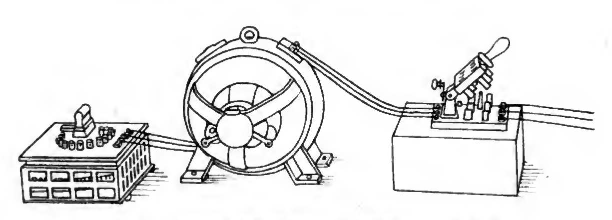


Fig. 90. Anordnung eines Motors mit Schleifringanker. A. E.-G.

Leistungen von 350 PS. gebaut, und zwar in der Regel für 84 oder 100 Polwechsel pro Sekunde.

b) Die Vorgänge beim Motor mit Phasenanker und Schleifringen gestalten sich viel günstiger, denn in demselben wird der Ankerstrom durch vorgeschalteten Widerstand beeinflusst, ohne dass die Spannung, welche dem Magnetfeld zugeführt wird, verändert werden müsste; daher kann man bewirken, dass der Motor beim Anlaufen nicht mehr Strom verbraucht, als bei normalem Betrieb, somit auch keine Rückwirkung auf das Netz ausübt.

Man kann durch die Verwendung solcher dauernd eingeschalteten Widerstände die Anzugskraft verändern und die Geschwindigkeit des Motors regulieren. Dieser Motor ist für Winden und Krane zu empfehlen.

Das Reversieren erfolgt analog wie bei Motoren mit Kurzschlussanker.

Der künstliche Widerstand der Ankerwickelungen kann entweder als getrennter dreiteiliger Rheostat oder als Flüssigkeitswiderstand an die Maschine geschaltet werden, oder man legt denselben in den Rotor selbst. In diesem Falle bleiben die einzelnen Stäbe der Wickelung auf einer Seite verschieden weit aus dem Eisenkern vorstehen und werden derart ausgedreht, dass sie einen Metallring umfassen können. Infolge des verschiedenen Hervorragens der Stäbe aus dem Anker kommen bei axialer Verstellung des Kurzschlussringes zuerst die längsten Stäbe zum Kurzschluss und verleihen dem Anker einen entsprechenden Widerstand; dann kommen nach und nach alle übrigen Drähte zum Kurzschluss. Diese Regulierung lässt sich bei Deckenmotoren leicht mit Handrad oder Hebel ausführen, wie etwa eine Ausrückung betätigt wird.

Der Drehstrommotor als solcher braucht in keinem Falle Schleifringe, diese sind nur für das sanfte Anlassen und die Regulierung notwendig und nach vollendeter Regulierung arbeitet jeder Drehstromanker als Induktionsanker mit mehr oder minder Widerstand oder im Kurzschluss.

Eine Veränderung der Spannung des zugeführten Stromes, wie sie z. B. bei Einschalten mehrerer Motoren infolge der Erhöhung des Spannungsverlustes in den Leitungen eintreten kann, hat keine Aenderung der Tourenzahl zur Folge.

Die zum Anlassen und Regulieren verwendeten Widerstände bestehen, wie bereits erwähnt, entweder aus Drahtlocken, auf Porzellan und Eisenrahmen montiert, ähnlich, wie die Widerstände der Dynamos, oder es sind Flüssigkeitswiderstände, und zwar verwendet man die letzteren dann, wenn es unanlässig ist, Widerstände mit Selbstinduktion zu verwenden. Flüssigkeitswiderstände werden nur zum Anlassen verwendet.

Ein Flüssigkeitswiderstand (Fig. 91, A. E.-G.) besteht aus einem Trog aus Eisen, welcher die Flüssigkeit (angesäuertes Wasser oder Sodalösung) enthält; an einer Seite des Randes sind isoliert die Klemmen für die Zuführungsdrähte und die Lager für die voneinander isolierten, mit gemeinsamen Handgriff oder Bewegungsmechanismus versehenen Widerstandsbleche angebracht. Wenn demnach bei geringem Eintauchen der Bleche, welche in Kreissektorform ausgebildet sind, nur etwas mehr, als die Spitze derselben eintaucht, so steht dem Strom ein ziemlich grosser Widerstand entgegen, da die Uebergangsfläche noch eine geringe ist. Je mehr man die Bleche eintaucht, desto kleiner wird der Widerstand. In der Endstellung finden die Hebel, an denen die Bleche hängen, auf der anderen Seite des Troges Kurzschlusslamellen, welche den Widerstand ganz wirkungslos machen, ohne ihn auszuschalten. Das letztere muss geschehen, damit die Flüssigkeit nicht zum Kochen kommt.



Fig. 91. Flüssigkeits-Widerstand. A. E.-G.

Die Regulatoren werden für Hauptschluss- und Nebenschlussmotoren und Drehstrommotoren als Anlass-, Regulier- und Umkehrwiderstände, auch mit selbsttätigem Betrieb und elektrischer Bremsung in den verschiedensten Grössen gebaut und zwar meist für Spannungen bis 500 Volt.

Die Flüssigkeitsanlasser werden für Motoren bis 400 PS. gebaut und sind dann geöffnet circa 1,3 m hoch, 1,1 m breit und lang.

Die Widerstände aus Metall werden mittels Porzellanklemmen auf Eisenrahmen montiert und mit Mauerpratzen oder Dübeln und Schrauben in der erforderlichen Lage befestigt. Ihre Bedeckung erfolgt durch Lochbleche, einerseits um sie gegen Berührung zu schützen, anderseits aber doch eine entsprechende Luftzirkulation zur Kühlung der Drahtlocken zu ermöglichen. Die durchströmende Luft ist oft sehr heiss, wenn der Widerstand stark erhitzt wurde, und es kann daher vorkommen, dass leicht brennbare Teile versengt werden und Feuer fangen. Deshalb ist es nicht zulässig, die Widerstände ohne weiteres in der Nähe von Holz zu montieren, etwa unterhalb hölzerner Schalttafeln. Wenn es nicht anders möglich ist, als dieselben unter Holz anzuordnen, so

muss das letztere mit Asbestpappe geschützt werden. Eisenblech ist für diesen Zweck verwerflich, weil es die Hitze noch besser annimmt und dadurch das darunter gelegene Holz rasch zum Verkohlen bringt. Bei nicht genügend grossem Abstand fängt das Holz übrigens auch unter unverbrennlichen Stoffen an, zu verkohlen; es soll daher vorher imprägniert werden (mit Wasserglas).

Die vordere Wand, oder bei Apparaten, welche aufgestellt, nicht aufgehängt werden, die obere Wand, besteht aus einer Schiefer- oder Marmortafel, welche die erforderlichen Kontakte enthält. Bei offenen Regulatoren sind diese unter Zuhilfenahme von Schieferplatten oder einzelnen isolierenden Unterlagen an dem Eisenrahmen des Widerstandes befestigt.

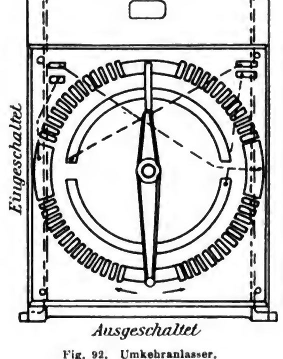


Fig. 92. Umkehranlasser.

Die Betätigung erfolgt durch Kurbel, Hebel oder Griffrad, von denen isoliert die stromführenden Teile angebracht sind.

Die Stromwege werden vermittelt durch Metallkontakte, welche je nach Bedarf angeordnet werden.

Man hat demnach je nach dem Zweck folgende Arten Regulatoren bzw. Anlasser zu unterscheiden:



Für Hauptstrommotoren.

Das Anlassen und Regulieren wird ausser mittels gewöhnlicher Widerstände mit Hilfe sogen. „Walzenschalter“ bewirkt, welche bis 30 PS. und 550 V. gebaut werden. Einen Umkehranlasser ohne Regulierung, jedoch mit mässiger Beeinflussung der Stromstärke beim Anlauf, konstruiert von der A. E.-G., zeigt Fig. 92; derselbe kann auch mit elektr. Bremsung kombiniert werden. Die grösste Leistung, für welche diese Anlasser gebaut werden, ist 25 PS. bei 240 Volt Spannung. Man sieht auf der Vorderfläche der Schiefertafel zwei Halbkreislamellen, welche mit zwei Anschlussklemmen verbunden sind, von denen die eine den Anschlussdraht zur Leitung, die andere den Verbindungsdraht zum Motor aufnimmt. Zwei andere Stücke sind mit den Magnetklemmen verbunden. Konzentrisch um diese beiden Lamellen ist ein Kranz von weiteren Lamellen angebracht, welche für Ruhestellung im aus- und eingeschalteten Zustand und zur Vermehrung oder Verminderung des vorgeschalteten Widerstandes dienen, wobei der Strom mittels isolierter Kontaktfedern am Hebel gleichzeitig die zwei

einander gegenüberliegenden Widerstände passiert. Die beiden anderen sind für die entgegengesetzte Drehrichtung.

Ein reversierbarer Motor muss mit dem Umkehrregulator durch vier Drähte verbunden sein. Die Schaltung eines Umkehrregulators, welcher es gestattet, einen Hauptstrommotor belastet anlaufen zu lassen und zu regulieren, ist ganz analog, nur sind die Widerstände in zwei Teile geteilt, damit man die ersten Locken, welche weit mehr Strom, als den normalen aufnehmen, nicht zu stark zu bemessen hat. Es ist dann die Vorschrift zu befolgen, auf den ersten Kontakten die Schaltekurbel nicht dauernd stehen zu lassen, damit der überanstrengte Draht nicht dauernd eingeschaltet bleibt und überhitzt wird, sondern nur ganz kurze Zeit dem Strom ausgesetzt wird.

Bei den gezeigten Anordnungen ist die Kurbel des Apparates als solche stromlos und trägt an entsprechender Stelle die Schleifkontakte, welche auf die Kontaktlamellen passen und von der Kurbel isoliert sind.

Die äussersten Lagen sind durch Anschläge oder Anhalte-(Arretier-) stifte begrenzt, die Ruhekontakte aber auch so gross dimensioniert, dass ein Ueberfahren derselben nicht eintreten kann. Gebräuchlich sind solche Apparate für Spannungen von 100—240 Volt.

Man hat solche Regulatoren bis etwa 20 PS. verwendet, es besteht aber kein Hindernis, dieselben für höhere Leistungen zu gebrauchen.

Für Nebenschlussmotoren.

Bei diesen Motoren ist zu beachten, ob der Anlauf mit oder ohne Belastung bewirkt wird, und ob der Magnetstrom reguliert werden soll oder nicht. Wenn man die Nebenschlussmotoren ebenso einschalten würde, wie die Hauptschlussmotoren, so würde man eine sehr bedeutende Erhöhung der Stromstärke bekommen; man kann dies aber selbst dann vermeiden, wenn der Motor mit Belastung anlaufen soll, indem man vor Einschalten des Ankers die Magnete zuerst vollkommen genügend erregt. Auf diese Art hat man es in der Hand, bei Anlauf ohne Belastung nur eine geringe Stromstärke im Motor zu bekommen, hinsichtlich welcher man auf etwa die Hälfte der Betriebsstromstärke geht. Auch kann man erreichen, dass der Motor mit Belastung unter Aufnahme von keiner höheren als der normalen Betriebsstromstärke anläuft.

Das Anlassen eines Nebenschlussmotors erfolgt also mit Hilfe eines Metallrheostates (Fig. 93) im Hauptstrom. Der Nebenschluss wird zuerst erregt und dann der Hauptstrom geschlossen, wobei aber der Rheostat dem Anker vollständig vorgeschaltet ist. Auf diese Weise erreicht man ein sanftes Anlaufen bei nur etwa der halben Stromstärke

und kann nach Erreichen des normalen Betriebsstromes den Motor bis auf 50 % seiner Touren herabbringen.

Hierbei macht es hinsichtlich der Disposition der Kontakte einen Unterschied, ob die Kurbel des Anlassers selbst Strom führt, oder nicht. In dem ersten Falle genügt ein Kontaktbogen für den Hauptstrom, im letzteren Falle (Fig. 94) müssen deren zwei angewendet werden. Der Stromlauf ist deutlich aus den beiden Skizzen zu erkennen.

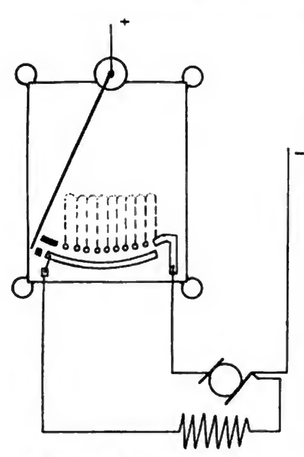


Fig. 93. Schema des Nebenschluss-Anlassers. Kurbel stromführend.

Die Regulierung des Nebenschlussmotors kann noch viel vollkommener bewirkt werden, als durch Regulierung des Ankerstromes, indem man nämlich nach Beendigung dieser Regulierung auch noch den Magnetstrom regulierbar macht (Fig. 95).

Während nun die gewöhnlichen Anlasswiderstände durch einen oder zwei Kontaktbögen und eine Reihe

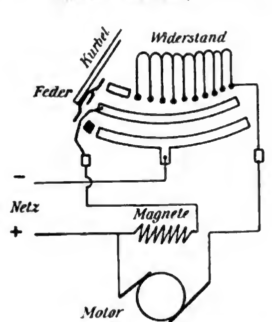


Fig. 94. Schema des Nebenschluss-Anlassers. Kurbel ohne Strom.

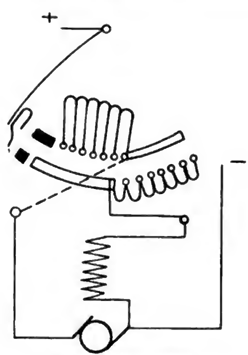


Fig. 95. Regulieranlasser.

Kontakte gekennzeichnet sind, besitzen jene Widerstände, welche auch den Magnetstrom regulieren, zwei Bogenstücke und zwei Reihen Kontakte. Es lässt sich verfolgen, dass zuerst bei konstanter Magnet-

erregung der Hauptstrom, dann bei konstantem Hauptstrom die Magneterregung geändert werden kann, und zwar wird durch Regulieren des Hauptstromes die Tourenzahl bis etwa 50 % vermindert, durch Einschaltung von Widerstand in die Magnetwickelung, also durch Schwächen des Magnetfeldes die Tourenzahl um etwa 15 % erhöht. Man wählt für die erstere Regulierung 10—12, für die letztere 5—6 Abstufungen.

Wenn Motoren an ein Gleichstrom-Dreileiternetz anzuschliessen sind, so zieht man es vor, nur den Ankerstrom von den Aussenleitern abzunehmen, die Magneterregung jedoch nur mit halber Spannung von einem Aussenleiter und dem Nullleiter zu bewirken.

Auch die Nebenschlussmotoren werden mit Umkehrregulatoren versehen, wobei gleichfalls der Magnetstromkreis die Umschaltung erfährt, und zwar weil diese wegen der geringen Stromstärke leichter zu bewirken ist, als die Umschaltung des gesamten Hauptstroms. Diesbezügliche Apparate sind aus Fig. 96 in Disposition und Schaltung zu erkennen.

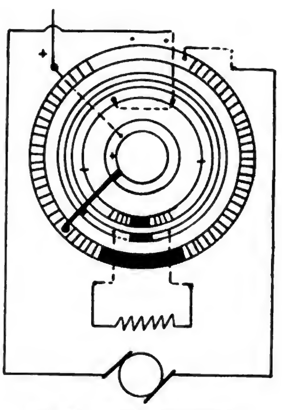


Fig. 96. Umkehranlasser-Schema.

Auf der vorderen Seite der Schiefertafel sieht man in konzentrischer Anordnung von Innen nach Aussen:

einen vollen Kreisring, verbunden mit dem positiven Pol des Netzes;

zwei Halbkreisringe, getrennt durch Isolierstücke und unten in mehrere Lamellen endend, welche Widerstand enthalten, verbunden mit dem negativen Pol,

zwei analoge, aber etwas schmälere Halbkreisringe, durch Isolierungen unterbrochen, an denen die Magnetwickelung angeschlossen wird;

endlich einen Kranz von Lamellen, oben unterbrochen durch ein Kontaktsegment, unten durch ein Isoliersegment, von denen das erstere mit jener Klemme verbunden ist, an der die Leitung zur positiven Bürste des Ankers führt.

Im ausgeschalteten Zustand ist die Schaltkurbel, welche diese Kontakte verschiedenartig verbindet, in vertikaler Stellung. Sie führt selbst keinen Strom, hat aber an dem einen Ende, isoliert befestigt, eine Kontaktfeder, welche den innersten Ring mit dem einen Magnethalbring und den Hauptstrom-Regulierlamellen zu verbinden gestattet,

und an dem anderen Ende eine ebensolche Feder zur Verbindung der negativen Halbringe mit dem zweiten Halbringe der Magnetleitung. Man sieht daraus, dass bei Bewegung der Kurbel in Uhrzeigerrichtung der positive Ring mit dem linken Ende der Magnetwindung verbunden wird, während dies bei entgegengesetzter Drehung entgegengesetzt geschieht. Die Stellungen der Kurbel sind für die Umkehrung rechts und links ganz symmetrisch. Man sieht, dass in jedem Falle zuerst der Magnet erregt wird; dann wird erst durch sämtliche einseitigen Widerstände Strom in den Anker geschickt und nach Abschalten aller dieser Widerstände wird auf der negativen Seite Widerstand in die Magnetwickelung eingeschaltet.

Diese Umkehrregulatoren können mit allerlei mechanischen Vorrichtungen verbunden werden, welche die selbsttätige Stillsetzung oder Umkehrung bewirken, je nachdem irgend eine äussere Bedingung erfüllt ist. So würde z. B. bei Kranen oder Aufzügen Umsteuerung resp. Aufhalten bewirkt, wenn der Lasthaken oder die Förderschale einen höchsten Punkt erreicht hat, Pumpenmotoren können automatisch angelassen und abgestellt werden, je nachdem der Wasserspiegel in einem Sammelbecken eine tiefere oder höhere Stellung hat u. dergl. (Fig. 97, Voigt & Haeffner.)

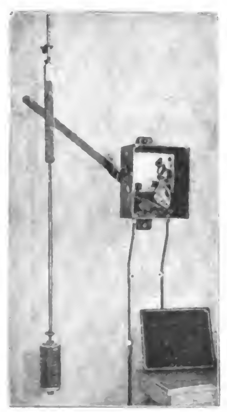


Fig. 97 Mech. Ein- u. Ausschalten eines Pumpenmotors. Voigt & Häffner.

Es gibt verschiedene Umstände, welche es erwünscht erscheinen lassen, einen Motor selbsttätig auszuschalten. Zunächst kommt hier in Betracht, wenn z. B. in einem grösseren Fabriketablissement Motoren vor den Arbeitspausen nicht einzeln abgestellt werden, sondern zufolge des Stillstandes der Betriebsmaschine bezw. der Antriebsmaschine des elektrischen Generators stehen bleiben. Bei Wiederkehr des Stromes würde dann der stillstehende Anker einen Kurzschluss bilden und der Motor verbrennen, wenn er nicht selbsttätig ausgeschaltet würde.

Es kann übrigens auch vorkommen, wenn z. B. der Regulator nicht ganz nahe am Motor aufgestellt ist, dass der Nebenschlussstromkreis unterbrochen wird. In diesem Falle kann der Motor gleichfalls leicht verbrennen.

Ferner kann ein Motor auch überlastet werden, und es ist notwendig, den Strom früher zu unterbrechen, als er eine schädigende Höhe erreicht hat. Endlich kann auch die Spannung heftig steigen und ein Durchbrennen des Motors veranlassen.

Für solche Fälle gibt es Anlasser, welche durch den normalen Strom in eingeschalteter Stellung erhalten werden; bei Aufhören des Stromes oder bei Auftreten von Ueberstrom oder Ueberspannung wird der Schalthebel durch Federkraft in die Ausschaltsstellung gebracht. Das Festhalten des Hebels in der Einschaltestellung wird durch ein Solenoid bewirkt, welches vom Strom umflossen ist und einen Anker mit Arretierhebel betätigt, der wie ein Haken den Hebel festhält, solange der Strom durch das Solenoid geht.

Die Unterbrechung dieses Solenoidstromes findet aber nicht bloss bei Unterbrechung des Stromes überhaupt statt, sondern der Solenoidstromkreis kann auch durch ein vom Hauptstrom durchflossenes Ralais unterbrochen werden, wenn letzterer Strom zu stark anschwillt.



Fig. 98. Anlasser für selbsttätige Null-Ausschaltung. Kwaysser.



Fig. 99. Anlasser für selbsttätige Null- und Höchst-Ausschaltung.

Die Abbildung, Fig. 98 von Scheiber & Kwaysser in Wien, gibt einen solchen Anlasser ohne Betätigung durch den Hauptstrom, d. h. für selbsttätige Nullausschaltung, Fig. 99 einen Anlasser mit Betätigung durch den Hauptstrom, d. h. für selbsttätige Null- und Höchststromausschaltung. Fig. 100 ist das Schaltungsschema des letzteren Apparates, Fig. 101 eine Anordnung von Dr. Max Levy in Berlin.

Für gewisse Zwecke ist ein rasches Anhalten von Maschinen erforderlich, wenn diese z. B. des gleichförmigen Ganges halber mit relativ schwereren Schwungmassen verbunden sind, also ein grosses Beharrungsvermögen haben. Für solche Zwecke baut man Anlasswiderstände oder Umkehrregulatoren mit elektrischer Bremsung.

Bei der elektrischen Bremsung wird der Motor zum Zwecke des raschen Stillstellens natürlich zunächst von der Stromquelle abgeschaltet.

Die lebendige Kraft, welche noch in ihm enthalten ist, treibt ihn jedoch weiter und eignet ihn dazu, Strom, oder besser Arbeit in Form von Strom abzugeben. Der Motor funktioniert dann als Generator und die

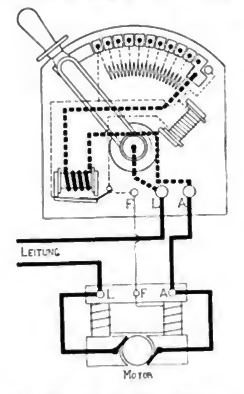


Fig. 100. Schaltungsschema für Null- und Höchst-Ausschaltung.

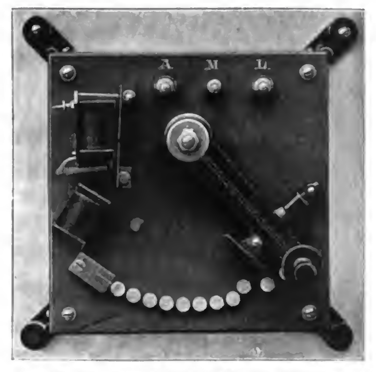


Fig. 101. Anlasser von Dr. M. Levy, Berlin.

zufolge der lebendigen Kraft erzeugte elektrische Arbeit wird durch Widerstände vernichtet.

Eine Bremsschaltung für Hauptschlussmotoren zeigt Fig. 102.

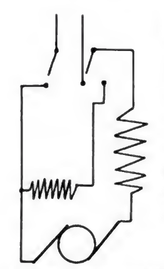


Fig. 102. Bremsschaltung für Hauptschluss-Motoren.

Diese elektrische Bremsung ist nicht zu verwechseln mit der elektrischen Bremsauslösung, oder Bremslüftung, welche darin besteht, dass der Strom um das Solenoid eines Magnetkernes geführt wird, welcher an einem einarmigen Hebel angreift, an welchem auch noch ein Gewicht und der Bremsklotz montiert sind. Wenn Strom durch das Solenoid geht, so lüftet es die Bremse, lässt sie aber sofort fallen, wenn der Strom bis zu einem bestimmten Minimum abnimmt.

3. Drehstrom.

Zum Einschalten kleiner Drehstrommotoren dient ein gewöhnlicher dreipoliger Schalter. Auch kommen, wie bereits erwähnt, insbesondere für Elektromotoren ohne Schleifringe Schalter in Anwendung, welche beim Anlassen des Motors den Widerstand abschalten, bis dieser durch Weiterstellen des Schalters kurz geschlossen wird. Die Spannungen gehen bis 220 Volt.

Die einfachsten Anlasswiderstände für Drehstrommotoren, welche nach dem früheren nur für Motoren mit Schleifringen von Bedeutung sind, bestehen in einer Kombination von drei Widerständen in einem Kasten, welche durch drei miteinander fest verbundene Kurbeln ganz gleichmässig betätigt werden. Man baut solche Anlasser, deren Endkontakte den Kurzschluss aller Widerstände ermöglichen, für Spannungen bis 550 Volt und Stromstärken von 180—200 Amp.

Um die Stromstösse beim Einschalten noch mehr zu mildern, verwendet man solche Anlasser im äusseren Stromkreis von Drehstrommotoren auch dann, wenn selbst schon für den Anker, der demnach mit Schleifringen ausgestattet sein muss, ein anderer Anlasser vorhanden ist.

Es kann wohl als selbstverständlich betrachtet werden, dass die betreffenden Leitungen zur Verbindung von Motor und Schalter entsprechend dimensioniert werden müssen.

Mit Hilfe von ebensolchen Widerständen kann man Drehstrommotoren bezüglich der Umdrehungszahl regulieren, wenn man die Drähte der Metallwiderstände so stark macht, dass sie die auftretende Stromstärke dauernd aushalten. Je nach der Grösse des Widerstands ist auch sein Einfluss auf die Geschwindigkeit verschieden.

Zum Anlassen der Motoren unter Belastung bei mehrfacher Vergrösserung der Zugkraft gegen die normale, und zur Geschwindigkeitsregulierung, werden Anlasswiderstände verwendet, welche auch gleichzeitig als Umkehrwiderstände gebaut sein können. Es kommen hierbei Spannungen bis 500 Volt und Regulierung auf ca. die halbe Geschwindigkeit vor.

Ein solcher Anlasser (Fig. 103 [Schema], Fig. 104 [Ansicht]) hat an der Vorderseite 7 Klemmen, welche zur Aufnahme von zwei Netzleitungen, drei Leitungen zu den Schleifringen und zwei Leitungen zum Motor (Ständer) dienen. Eine Netzleitung führt direkt zum Motor, da nur zwei derselben behufs Umkehr vertauscht werden müssen. Dies geschieht mit einem Kommutator, welcher schematisch angedeutet ist und aus einem Hebel mit zwei isolierten Schleifkontakten besteht, welcher an einer Spindel befestigt ist. Rechtsdrehung gibt Schaltung zur Drehung in einer Richtung, links in der entgegengesetzten Richtung.

Die von den Schleifringen kommenden Leitungen führen zu drei zweiteiligen Widerständen, welche bei Rechtsdrehung in der einen, bei Linksdrehung in der anderen Richtung zur Wirkung kommen. Die Kurbeln sind untereinander kurz geschlossen. Man kann bei allen reversierbaren Motoren auch mit einer einzigen Serie von Widerständen auskommen und braucht nicht für Vorwärts- und Rückwärtslaufen je eine solche Serie, wenn man darauf verzichtet, Reversierung und Lauf durch

einen Maschinenteil, mit einem Handgriff zu bewirken. Bei den gewöhnlichen Motoren, die, wenn sie auch manchmal von einem Ort zum anderen tragbar sind, doch zu den stationären Motoren gehören (Kranmotoren), zieht man aber diese Vereinigung vor, weil es häufiger vorkommen kann, dass das Reversieren notwendig ist. Bei transportablen Motoren (Tramwagenmotoren) werden jedoch beide Bewegungen, nämlich die Reversierbewegung und die Bewegung zum Einschalten auf Lauf getrennt vorgenommen, weil die Motoren in der Regel dauernd in einer Richtung laufen, und weil man Wert darauf legt, die Widerstände

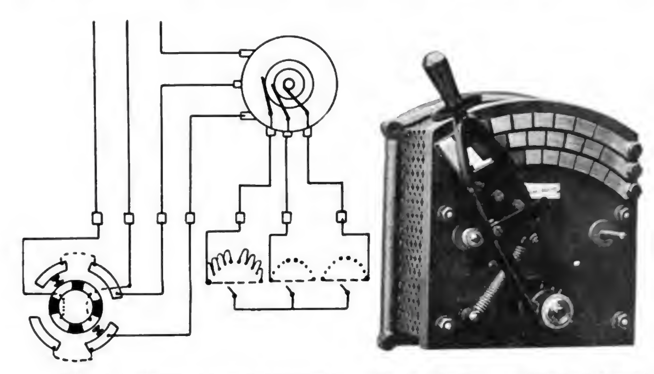


Fig. 103. Schema eines Drehstrom-Anlassers. Fig. 104. Ansicht eines Drehstrom-Anlassers. Kwaysser.

geringer an Zahl und an Gewicht zu halten. Für solche bewegliche Motoren nennt man den Anlass Umkehr- und Regulierapparat: „Kontroller". Aus Raumrücksichten sind die verschiedenen Kontakte bei diesen nicht tafelförmig, sondern walzenförmig angeordnet.

Ein praktischer Flüssigkeitsanlasser, welcher für sehr langsames Einschalten geeignet ist, rührt von Lahmeyer in Frankfurt her und ist in Figur 105 abgebildet. In einem gusseisernen Topf befindet sich Sodalösung. Am Rand desselben sind isoliert die Elektroden angebracht, welche in ihrer Gesamtheit eine Kegelfläche darstellen. Zentral hat der Topf eine Einstülpung, welche ein Gewinde trägt. In dem Gewinde kann eine Spindel bewegt werden, an welcher ein Hohlkörper befestigt ist, welcher die gleiche Konizität hat, wie die oben erwähnten Elektroden und sich in seiner untersten Lage auch kontaktbildend an diese anschliesst. Bei Senken des Hohlkörpers steigt langsam die Sodalösung und bildet somit Verbindung zwischen den Elektroden, welche immer

geringeren Widerstand bekommt, je mehr der Konus eintaucht, bis endlich der Schluss aller Elektroden eintritt.

Bei Flüssigkeitsanlassern ist besonders auf eine nicht zu weitgehende Temperaturabnahme im Raume zu achten.

Die Maße des abgebildeten Anlassers sind a = 390, b = 370, c = 330, d = 485, e = 657, f = 100, g = 230, h = 70, i = 30, k = 320.

Er kann für 10pferdige Motoren verwendet werden.

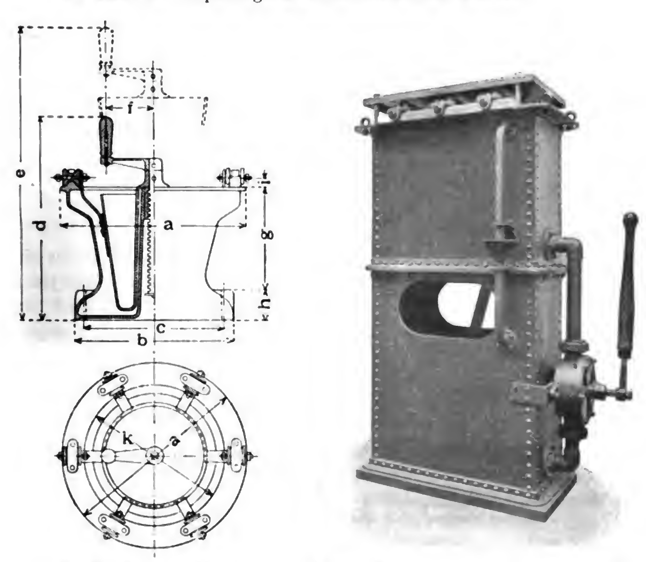


Fig. 105. Flüssigkeitsanlasser. Lahmeyer.

Fig. 106. Flüssigkeitsanlasser für Drehstrommotoren. Lahmeyer.

Für grosse Drehstrommotoren mit Schleifringen und Kurzschlussvorrichtung baut die genannte Firma besondere Flüssigkeitsanlasser, wie sie in Fig. 106 abgebildet sind.

Die Anordnung lässt sich leicht erkennen. Es befinden sich übereinander zwei Behälter aus Eisenblech mit entsprechender Auskleidung, welche durch ein Rohr miteinander verbunden sind, in welchem eine Flügelpumpe eingebaut ist. Dieselbe ermöglicht es, die Widerstandsflüssigkeit aus dem unteren in das obere Behältnis langsam zu pumpen, wo sich die Elektroden befinden.

Auf diese Weise wird die Flüssigkeit sehr langsam gehoben und betätigt einen Schwimmer, der bei entsprechend hoher Stellung des Flüssigkeitsspiegels die Kurzschlussvorrichtung zwischen den Elektroden betätigt.

In Anwendung kommt dieser Widerstand bei grossen Motoren für Wasserhaltungsmaschinen, Abteufungen u. dergl. Er wird in fünf Grössen zwischen 125 und 1500 PS. Motorleistung gebaut.

Die Flüssigkeitswiderstände müssen während des Betriebes ausgeschaltet bezw. kurzgeschlossen sein, da sonst die Flüssigkeit infolge des Stromdurchganges sich erwärmen würde. Auch bei kurzgeschlossenem Widerstand geht genügend Strom durch die Flüssigkeit, um dieselbe rascher als notwendig zum Verdunsten zu bringen. Daher muss auch immer der Motor eine Kurzschlussvorrichtung haben, die dem Widerstand parallel geschaltet ist und nach deren Einschalten der Widerstand ohne Einfluss wieder geöffnet werden kann.

4. Aufstellung der Motoren.

Was nun die Aufstellung der Elektromotoren anlangt, so ist sie für stationäre Motoren trotz der prinzipiellen Gleichförmigkeit mit jener der Dynamos doch weit mannigfaltiger; denn man nützt hierbei mit Vorteil die gute Eigenschaft des Elektromotors aus, nach wenigen mechanischen Detailänderungen in jeder Lage gleichgut arbeiten zu können.

Man kann folgende Anbringungsarten der Motoren unterscheiden, welche sich zum Teil auch nach der Art des Antriebes richten:

A. Aufrecht stehender Motor:

a) auf Isolierhölzern mit dem Fundament fest verbunden;

b) auf isolierten Spannschlitten zum Nachspannen des Riemens während des Betriebes;

c) auf Kippvorrichtung (Riemenschwinge) zur Erzielung eines entsprechenden Reibungsdruckes bei hohen Uebersetzungen.

B. Seitlich befestigter Motor zur Anbringung an Wände, Säulen oder Pfeiler, ohne oder mit isolierten Spannschienen (Fig. 107, Lahmeyer).

C. Deckenmotor mit umgekehrtem Gestell (Fig. 108, Lahmeyer). Letztere mit Vorliebe mit den Transmissionen unmittelbar verbunden.

D. Transportable Motoren, auf einem entsprechenden Wagen, mit dem Regulierapparat vereint, angebracht, so dass der Motor zu dem betreffenden Arbeitsstück hingefahren werden kann, z. B. bei Landwirtschaftsmaschinen, Bohrmaschinen.

Häufig werden auch die Elektromotoren wegen ihrer hohen Tourenzahl direkt mit einem Zahnradvorgelege verbunden, von dem erst der weitere Antrieb erfolgt (Fig. 109, Ges. f. El. Ind. Karlsruhe und Fig. 110 mit Schwungscheibe, von Garbe-Lahmeyer, Aachen).

Speziell für Bergbau und Hüttenwesen, wo man häufig mit grossem Schmutz und starker Feuchtigkeit zu rechnen hat, ist eine weitere Type der Motorenausführung,

E. der Kapselmotor von nicht genug zu schätzendem Vorteil.

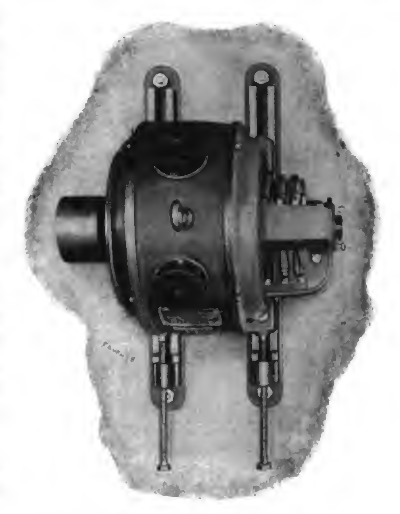


Fig. 107. Seitlich befestigter Motor. Lahmeyer.



Fig. 108. Deckenmotor. Lahmeyer.

Ein solcher ist in Fig. 111 (Garbe-Lahmeyer, Aachen) in vollendeter Form dargestellt. Derselbe ist eine Neuerung insoweit, als er nicht ausschliesslich in ein dichtes Gehäuse eingeschlossen, sondern trotz der Kapselung ventiliert ist.

Da die Ventilation bei der gewöhnlichen Kapselung ungenügend ist, muss man die Dimensionen der Maschinen im Verhältnis zu ihrer Leistung vergrössern, es wird also das Material nicht günstig ausgenützt.

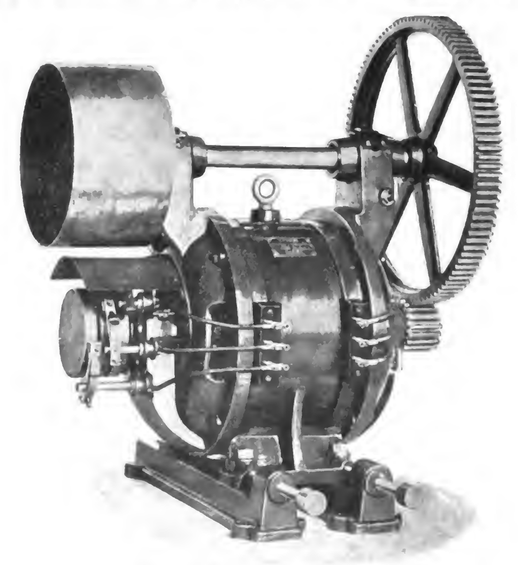


Fig. 109. Motor mit Zahnradvorgelege.

Durch die ventilierte Kapselung wird erreicht, dass der Motor nicht grösser dimensioniert zu sein braucht, als ein offener Motor, und dass er dennoch vor Staub, dem Eindringen von Feuchtigkeit, z. B. Grubenwasser und vor mechanischer Beschädigung geschützt ist.

Die Motoren entsprechen hinsichtlich der Temperaturerhöhung den deutschen Verbandsvorschriften, so lange die Temperatur der Umgebung nicht über 25° C. steigt. Sie lassen sich daher in den Gruben in den meisten vorkommenden Fällen ohne weiteres verwenden, und es ist nur die direkte Verwendung in Wasser ausgeschlossen, die ein gewöhnlich gekapselter Motor aushält.

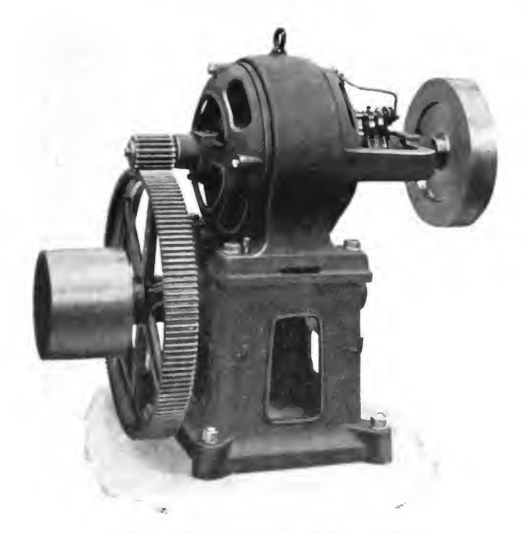


Fig. 110. Motor mit Vorgelege und Schwungscheibe.



Fig. 111. Kapselmotor.

An konstruktiven Details, welche durch die an die Elektromotoren gestellten Anforderungen bedingt werden, sind zu erwähnen: die Anwendung der Kugellager und die Veränderlichkeit in der Stellung der Lager derart, dass ein und derselbe Motor entweder auf horizontaler Unterlage aufrecht, oder nach Drehung der Lagerköpfe um 90° an die vertikale Wand, oder endlich nach weiterer Drehung um 90° an der Decke befestigt werden kann.

5. Elektrischer Antrieb.

Als Vorteile des elektrischen Antriebes, der, wie bekannt, mit Riemen, Seilen, Zahnrädern, Schnecken etc. bewirkt werden kann, muss man folgende Eigenschaften betrachten:

Die Elektromotoren sind bedeutend kleiner und leichter, als Maschinen von gleicher Leistung, welche mit anderen Mitteln, Dampf, Gas u. drgl., betrieben werden. Sie besitzen keinerlei hin und her gehende Teile, sondern nur drehende, sind also frei von Stössen und Erschütterungen.

Ihre Aufstellung erfordert geringeren Raum und geringere Fundamentierung. Es entfallen alle Rohrleitungen mit ihren schädigenden und belästigenden Einwirkungen auf die Umgebung, Dichtungen und Umhüllungen; sie sind daher sehr betriebssicher.

Die Elektromotoren sind bei achtsamer Wartung absolut ungefährlich und frei von allen trotz der besten Wartung bei anderen Maschinen auftretenden Rissen in Rohren, dem Platzen von Dichtungen, Gasexplosionen, Verbrühungen u. dergl. Ihre Wartung beschränkt sich überhaupt auf ganz wenige Arbeiten, bei denen das Stellen der Bürsten bei Gleichstrommotoren die wesentlichste ist, denn neuere Maschinen besitzen stets Lager mit Ringschmierung und sind nur alle Woche mit neuem Oel zu versorgen. Das Anschmoren des Oels an glühenden Teilen, wie bei den Ventilen der Gasmotoren, entfällt, daher auch die Verschlechterung der umgebenden Luft. Es entfällt ferner die Notwendigkeit, Verbrauchsprodukte, sei es Dampf, Gas, Kondenswasser u. dergl., fortzuleiten, was insbesondere in Städten und zur Winterszeit Anlass zu besonderen Unzukömmlichkeiten, insbesondere hinsichtlich der Schädigung von Gebäudeteilen, gilt.

Der Elektromotor kann mit der grössten Leichtigkeit allen Anforderungen des Betriebes angepasst werden. Man ist hinsichtlich der Grösse der Motoren, welche technisch mit hoher Vollkommenheit erzeugt werden können, weder nach oben, noch nach unten beschränkt. Man kennt Elektromotoren von $^1/_{16}$ PS. angefangen bis 500 Kilowatt = 625 eff. PS. und mehr.

Das Verhältnis von 1 Kilowatt = 1000 Watt zu 1 PS. ist je nach der Grösse der Maschinen verschieden.

Das Güteverhältnis der Motoren ist ein hohes, ob dieselben nun für eine grosse oder eine geringe Leistung gebaut sind. Auch der Verlauf des Güteverhältnisses eines Elektromotors, welcher mit geringerer Leistung arbeitet, als seine normale ist, ist sehr befriedigend.

Die Elektromotoren eignen sich aus diesen Gründen sowohl für ganz grosse Einzelantriebe, als für Gruppenantrieb von mehreren Maschinen mittels einer Transmission, als auch endlich für den detailiertesten Einzelantrieb kleinster Maschinchen.

Grosse Einzelantriebe wählt man, natürlich unter Rücksicht auf die erforderlichen Reserven und die Wahrscheinlichkeit ihres Bedarfes dann, wenn entweder die Energie noch weiter elektrisch verwendet werden soll (Umformestationen), oder wenn nur wenige mechanische Transmissionen auf kurze Entfernung relativ grosse Teile der Gesamtenergie mit möglichst konstanter Benützung von dem Motor abzuleiten haben, der dann z. B. eine einheitliche Dampfmaschine vertritt.

Wenn jedoch die Verteilung der Gesamtenergie eine weitgehende ist, sowohl was die Zahl der Zweige, als die Entfernung vom Platz der ankommenden Energie anlangt, d. h. wenn schwere Seiltransmissionen umgangen werden sollen, so wählt man den Gruppenantrieb, weil man mit demselben angenähert den gleichen elektrischen Energieverlust einhalten kann, wie mit dem Einzelantrieb, daher den ganzen, oft recht erheblichen Verlust der Lager und Seiltransmission erspart. Solche Antriebe von einzelnen Transmissionen kommen bei intermittierenden Betrieben und dann vor, wenn einzelne Maschinengruppen gleichmässig zu arbeiten haben (z. B. in Webereien und Maschinenfabriken für die einzelnen Abteilungen, Mechaniker, Tischler u. dergl.).

Noch weiter geht der Einzelantrieb von Maschinen, wie z. B. einzelner Webstühle, Kalander, Schleifmaschinen, Papiermaschinen, Buchdruckmaschinen, Drehbänken, Bohrmaschinen, Biegemaschinen, Sägen, Rollgängen, Pumpen, Walzenstrecken u. dergl. Hier ist man von jeder Transmission, jedem Verlust durch Reibung, jeder Gefährdung durch den Riemen und von allen Betriebskosten durch Schmierung und Riemenersatz unabhängig, hat aber die wesentlich höheren Investitionskosten und die Stromkosten, welche bei kleineren Motoren wegen des abnehmenden Güteverhältnisses wachsen, mit in Kauf zu nehmen. Solche Antriebe sind wohl auch heute schon im Berg- und Hüttenbetrieb mit anderen Motoren bekannt, aber der Fachmann weiss, wie schwierig und mit welcher Mühe oft so eine Pumpe, ein Förderhaspel, ein Ventilator in ungestörtem Betrieb erhalten werden kann. Denn abgesehen von den bedeutenden Dampfverlusten, die z. B. in einer Rohrleitung in der

Grube auftreten, ist es bekannt, welche bedeutende Wärmeentwickelung durch diese Leitung entsteht. Durch Einführung von elektrischem Antrieb hat man wiederholt die Temperatur in der Grube um 12—15° vermindern können, was für die dort Arbeitenden von grosser Wichtigkeit war. Hierzu kommt noch, dass die Rohrleitungen schwer zu montieren sind und alle 5—6 m Quellen von Verlusten und Betriebsstörungen geben können, welche bei den elektrischen Leitungen ganz ausgeschlossen sind, dass Motoren, welche derart dicht sind, dass sie in Räumen mit explosiven Gasen, in der Traufe, im Staub und direkt im Wasser selbst arbeiten können, nur bei den elektrisch angetriebenen Motoren gefunden werden können.

Als eines der wichtigsten Momente ist aber die Vornahme von Reparaturen zu betrachten. Wenn z. B. an einer Dampfrohrleitung eine Dichtung herausgeblasen wird, so wird durch den ausströmenden Dampf ein grosser Raum in Mitleidenschaft gezogen, und es ist die Vornahme einer Reparatur nur möglich, wenn man den Betrieb einstellt. Dasselbe gilt in noch höherem Masse bei Defekten am Rohr selbst.

Wie leicht ist im Vergleich damit z. B. das Auswechseln eines schadhaft gewordenen Isolators, das Erneuern der Faser- oder Gummiisolierung auf einem Drahte und selbst im äussersten Fall das Verlegen eines neuen Drahtes. Ohne jede Stromunterbrechung kann diese Arbeit an Niedrigspannungsanlagen vorgenommen werden und sie ist bei Anwendung der erforderlichen Sicherheitsmassregeln selbst an Leitungen mit hoher Spannung durchführbar.

Es ist bekannt, welche Belästigungen z. B. der Staub in der Hütte für die meisten anderen Motoren bietet, weshalb diese zumeist in abgeschlossenen Räumen untergebracht werden müssen.

Von enormer Wichtigkeit ist auch die Leichtigkeit, blanke Zuführungen des Stromes anzuwenden, so dass ohne weiteres elektrische Motoren in vielen vorher unbestimmbaren Lagen verwendet werden können, wo an eine Verwendung von anderen Motoren ohne grosse Unzukömmlichkeiten nie zu denken wäre, z. B. bei Kranen- und Schiebebühnen.

Am weitesten kann man aber mit der elektrischen Kraftverteilung bzw. Uebertragung gehen, wenn man die Leitungen in Gebäuden, Hallen u. drgl. verteilt und es auf diese Art möglich macht, dass man nicht das Arbeitsstück zur Maschine, sondern die letztere mit dem Antrieb zum Arbeitsstück bringen kann.

Die Vorteile solcher transportabeler Elektromotoren liegen darin, dass man die mechanische Arbeit auch dort als Ersatz der Menschenarbeit verwenden kann, wo dies bisher unmöglich war, z. B. bei dem

Bau von eisernen Dächern grosser Hallen, eiserner Gebäude, Brücken, Kesseln, Fördertürmen u. s. w. Ferner ist es mit solchen transportabelen Motoren, welche sofort mit den Werkzeugmaschinen verbunden werden können oder schon direkt mit denselben verbunden sind, möglich, gleichzeitig an mehreren Stellen eines grossen Werkstückes zu arbeiten, und man erspart Investitionskosten, da man für solche, selten vorkommende Arbeitsstücke nicht eigene Maschinen (Drehbänke, Hobelmaschinen u. s. w.) anzuschaffen braucht. Man erspart aber auch an Arbeit, weil nicht die schwere Arbeitsmaschine mit dem schweren Werkstück bewegt zu werden braucht, sondern nur die kleinen elektrischen Werkzeugmaschinen, und weil Zeit gewonnen wird, indem man das Werkstück nicht von Arbeitsmaschine zu Arbeitsmaschine zu schleppen braucht und das selten ganz exakte Aufspannen erspart.

Was nun speziell die Aufstellung von Elektromotoren im Bergbau betrifft, so nimmt man hierbei auf folgendes Rücksicht:

Zunächst darf man Generatoren und Motoren in Räumen, wo elektrisch leitende, brennbare oder explosive Körper in mehl-, staub-, flocken- oder spanförmigem Zustand vorkommen, nur in vollständig abschliessenden Abteilungen anbringen, oder muss die Maschinen mit staubdichten Gehäusen versehen (Kapselmaschinen). Ferner hat man darauf zu sehen, dass die Dimensionierung der Maschinen keine grössere Erwärmung bedingt, als mit Rücksicht auf das verwendete Isoliermaterial zulässig ist. Faserisolierung verträgt höchstens 40° C. Papier, Pressspan, Papiermasse 50°, Asbest, Glimmer, Micanit u. s. w. sowie alle feuersicheren und unschmelzbaren Stoffe 70° C. Eine Ausnahme hiervon sollte man nicht zulassen und bei Maschinen trotz vollständig feuersicherer Konstruktion unter Umständen ein periodisches Wechseln fordern.

Maschinen und Motoren, welche Stromabnahmevorrichtungen besitzen, z. B. Gleichstrommaschinen mit ihrem Kollektor, Drehstrommotoren mit den früher erwähnten Abhebevorrichtungen für die Bürsten, sollen in Grubenräumen mit Sicherheitsgeleuchte nur in gasdichter Kapselung oder unter gasdichtem Verschluss verwendet werden. Hierin sind auch die Grubenlokomotiven mit Akkumulatorbetrieb inbegriffen.

Elektrische Maschinen sollen nur in solchen Räumen aufgestellt werden, welche gut in stand zu halten und zu lüften sind und im Bedarfsfalle hinreichende künstliche Beleuchtung erhalten können.

In Hüttenwerken gelten die bezüglichen Vorsichtsmassregeln mit den entsprechenden Aenderungen unter Beachtung der jeweils vorliegenden Umstände in analoger Weise.

Sechster Abschnitt.

Traktion.

1. Allgemeines.

Eine der wichtigsten Verwendungsarten des elektrischen Stroms ist jene zum Betrieb von Maschinen, welche die Ortsveränderung von Waren und Personen auf gebahnten Wegen unter Einwirkung der Motoren auf die Radachsen eines Fahrzeuges bewirken.

Diese Anwendungsart fasst man unter dem Namen der „elektrischen Traktion“, Zugförderung zusammen, im Gegensatz zu Seilförderung, Aufzug- oder Kranbetrieb. Man hat im wesentlichen zwei Arten derselben zu unterscheiden, je nachdem der Strom vom Generator zu dem ortsverändernden Motor längs der Fahrbahn geleitet wird, oder nicht.

Im ersteren Falle spricht man vom elektrischen Bahnbetrieb, und dieser wird mittels elektrischer Motorwagen oder elektrischer Lokomotiven bewirkt.

Im letzteren Falle aber muss der Motorwagen seine Kraftquelle mitführen, gleichgültig, ob er auf einer speziell gebahnten Strecke oder auf der dem allgemeinen Verkehr dienenden Strasse fährt. Man spricht dann von einem Verkehr mittels elektrischem Automobil bezw. „Elektromobil“.

Keine dieser beiden Arten stellt ein in sich vollständig abgeschlossenes Feld dar, denn ebensogut, wie man heute Akkumulatorenlokomotiven auf Trambahnen kennt, verkehren auch Motorwagen mit Stromzuführung ohne Schienenweg, und deshalb erscheint das Vorhandensein oder Fehlen der Stromleitung längs der Fahrbahn als der wesentlichste Unterschied zwischen elektrischem Motorwagen und Elektromobil.

Die Grundlage der Berechnung bildet einerseits die Trassierung der Bahn resp. Strasse, somit ihr Grundrissplan und ihr Höhenplan, anderseits die Menge der zu verfrachtenden Güter, somit die Zahl und das Gewicht der Züge resp. Wagen und deren Fahrplan, welcher mit Rücksicht auf die Anschlüsse, Verladezeiten und Bedürfnisse der verfrachtenden Industrie festzustellen ist.

Was die Fahrgeschwindigkeit betrifft, so ist diese zumeist eine Sache der behördlichen Bewilligung und von vielen äusserlichen Umständen abhängig. Bei Bahnen auf eigenem Bahnkörper kann sie der normalen Geschwindigkeit von Dampfbahnen gleich gewählt werden, bei

Strassenbahnen wird in der Regel ausserhalb stark bewohnter Teile des Gebietes eine Geschwindigkeit von 20 km pro Stunde, innerhalb 11—12 km pro Stunde passend sein. Automobile werden praktisch mit etwas geringerer Geschwindigkeit zu fahren haben, wenn auch die bisherigen Wettfahrten gezeigt haben, dass auch bei diesen sehr hohe Geschwindigkeiten erreichbar sind. Diese Geschwindigkeit ist als die grösste wirkliche Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke anzusehen und es kommt für die Bestimmung des Fahrplans noch die Zeit des Anhaltens und Anfahrens und der Aufenthalt in der Haltestelle zur Berechnung, welche dann die mittlere fahrplanmässige Geschwindigkeit ergibt.

Mit Rücksicht auf die Steigungen wird man naturgemäss die Geschwindigkeit veränderlich wählen, derart, dass die maximal zulässige Streckengeschwindigkeit auf ebener Bahn gilt, während man die Geschwindigkeit auf der Steigung derart bestimmt, dass im Ganzen auch dort keine wesentlich grössere Gesamtarbeitsleistung erforderlich wird, soweit dies durch die Konstruktion der Elektromotoren ermöglicht wird. Damit erreicht man eine gleichmässige Beanspruchung der Bestandteile und grosse Oekonomie.

Der Arbeitsbedarf kann nun wie folgt ermittelt werden.

Man geht aus von der Zugkraft pro Tonne Last, welche erforderlich ist, um einen Zug während seiner Fahrt auf der Strecke im Beharrungszustand zu erhalten.

Diese Zugkraft ist verschieden, je nach der Beschaffenheit der Schienen, der Instandhaltung der Bahn, der Kurven, der Beschaffenheit der Strasse u. s. w.; sie hängt auch von der Witterung und dem Wind ab. Da man aber immer mit hohen Zahlen zu rechnen hat, so wählt man die Zugkraft in der Regel:

Bei einzelnen Wagen bezw. Lokomotiven mit 10—15 kg pro Tonne,

bei Zügen aus mehreren Wagen mit 15—20 kg,

bei Automobilen mit 25—30 kg.[1])

Wenn man nun beim elektrischen Betrieb ökonomisch arbeiten und die Vorteile desselben rationell ausnützen will, so muss berücksichtigt werden, dass die Geschwindigkeit, welche man ohne Stromverluste erzielen kann, bei den hier fast allein in Frage kommenden Gleichstrom-Hauptschlussmotoren abhängt von der Magneterregung bezw. auch von der Stromstärke.

[1]) Die ausserordentlich interessanten Versuche der Berliner Schnellbahn ergaben bei 200 km pro Stunde also 55 m pro Sekunde, einem Waggongewicht von 96 Tonnen und einer Stirnfläche von 10 m² cm 14 kg pro Tonne Zugkraft.

Danach ist auch die Leistung und normale Umdrehungszahl des Motors zu bestimmen. Denn wenn ein Motor bei irgend einer Leistung ohne Widerstände arbeitet, so entspricht dieser Leistung auch eine bestimmte Geschwindigkeit; wenn derselbe aber dann z. B. auf Steigungen mehr Leistung zu geben hat, so kann seine Geschwindigkeit nicht über eine bestimmte Grösse gebracht werden; wäre sie aber kleiner gewählt worden, so müsste ein Teil der zugeführten Leistung durch Widerstände vernichtet werden. Und, wenn der Motor bei der Fahrt in Gefällen entlastet arbeitet, nimmt er eine Geschwindigkeit an, welche für die beabsichtigten Zwecke zu gross sein kann, so dass man die Spannung vermindern müsste, was gleichfalls wieder mit Verlusten verbunden ist.

Man sieht daraus, dass bei der elektrischen Traktion geforderte Leistung, Geschwindigkeit und Motorgrösse gut miteinander im Einklang stehen müssen, wenn der Betrieb ökonomisch sein soll, und das Misslingen mancher Akkumulatorentraktion dürfte auf ein ungünstiges Verhältnis der wesentlichsten Faktoren zurückzuführen sein, wo ohne erhebliche Nutzleistung eine bedeutende Beanspruchung der Batterie stattfand.

Ist nun allgemein ζ in k die Zugkraft pro Tonne Last, G das Gesamtgewicht des Zuges (selbstverständlich beladen) und der Lokomotive in Tonnen

v. die Geschwindigkeit pro Sekunde in Metern =

$$v = \frac{1000\ V\ (\text{in km pro Stunde})}{3600} = \frac{V}{3.6}$$

so ist die Beharrungszugarbeit auf horizontaler Strecke

$$A_1 = \zeta \,.\, G \,.\, v \text{ in mk. und } = \frac{1}{75}\, \zeta\, G \,.\, v \text{ in PS.}$$

Für Steigungen nimmt man mit reichlicher Sicherheit nach Erfahrung an, dass der Mehrbedarf an Zugkraft, welche zu der für horizontale Strecke ermittelten Zugkraft pro Tonne noch hinzuzukommen hat, 1 kg für 1 $^0/_{00}$ Steigung beträgt. Bedeutet p die Zahl der Promille, so ist

$$A_2 = G \,.\, p \,.\, v \quad \text{in mk und}$$
$$= \frac{1}{75}\, G \,.\, p \,.\, v \,. \text{ in PS.}$$

Wenn man hierbei noch den Wirkungsgrad μ des Elektromotors und des Getriebes berücksichtigt, so erhält man als gesamte Beharrungsarbeit, welche dem Elektromotor ohne Rücksicht auf die Verluste in den Zuleitungen zuzuführen ist:

$$A = (A_1 + A_2)\, \frac{1}{\mu} \,.$$

Man kann nun diese Berechnungen auch graphisch ausführen, wobei man ohne grosse Schwierigkeit ein Bild über die voraussichtlichen Arbeitsverhältnisse gewinnt.

In der Gleichung $A_1 = \zeta G \cdot v \cdot \left(\frac{1}{\mu}\,\frac{1}{75}\right)$ ist jede Grösse eine lineare Funktion der anderen, ist deshalb mittels einer Schaulinie darzustellen, die eine Gerade ist.

Trägt man also als Abzissen die Tonnengesamtlast auf, so kann man bei vorher gewähltem oder bestimmten ζ eine Reihe von Strahlen zeichnen, welche für die verschiedenen Geschwindigkeiten v unmittelbar in ihren Ordinaten die geforderte Zugarbeit ergeben (Fig. 112). Solche Diagramme zeichnet man ein für allemal für verschiedene Zugskoeffizienten ζ.

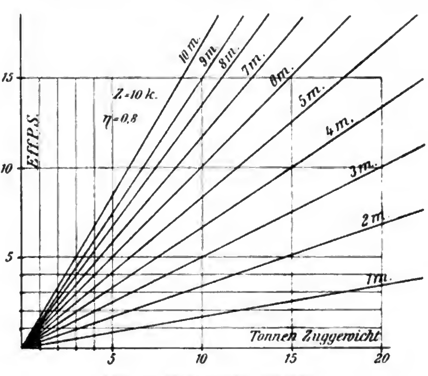


Fig. 112. Diagramm der Zugarbeit.

Analog behandelt man die Zuschlagsarbeit für eine Geschwindigkeit von v = 1 m nach den Steigungen in $^0/_{00}$.

Wenn man daher gegebene Bahn- und Zugsverhältnisse hat, so kann man mit der grössten Leichtigkeit den Wert der horizontalen Arbeit direkt aus dem Diagramm entnehmen, den im zweiten Diagramm gefundenen Wert für die Zuschlagsarbeit mit der Geschwindigkeit multiplizieren und dem ersten zuzählen. Daraus ergibt sich also für alle Steigungen und Geschwindigkeiten die zur Fortbewegung des Zuges erforderliche Gesamtarbeit.

Wenn man die Arbeit im Gefälle negativ zu der horizontalen Arbeit zuzählt, so ergibt sich ein bestimmtes Gefälle, von welchem an die Gesamtarbeit Null und negativ wird. Von diesem Punkte an könnte man daran denken, elektrische Arbeit wieder zu gewinnen. Da aber die Geschwindigkeit in solchen Gefällen aus Sicherheitsrücksichten wesentlich reduziert werden muss, so ergibt sich, dass die rückzugewinnende Arbeit meist eine derart minimale Menge ausmacht, dass man getrost auf dieselbe verzichten kann.

Sind nun die Vorarbeiten soweit beendet, dass man für jede Steigung die erforderliche Arbeit kennt, so verzeichnet man die Arbeit, welche ein Zug von bekanntem Gewicht auf einmaliger Hin- und Rückfahrt über die ganze zu durchlaufende Strecke in jedem Augenblick braucht.

Hierbei wird also die Strecke zunächst ohne Rücksicht auf die Zeit der Fahrt als Abszissenaxe benutzt, während die jeweiligen Arbeitsgrössen und Geschwindigkeiten in 2 Diagrammlinien aufgezeichnet werden. Und nun kann man weiter aus den betreffenden Strecken und der Geschwindigkeit, mit welcher dieselben befahren werden sollen, ferner aus den fahrplanmässigen Aufenthalten und der zum Rangieren benutzten Zeit und Arbeit ein Diagramm bilden, welches die Stunden als Abszissen, die Arbeit, welche dem Motor in jedem Augenblicke zuzuführen ist, als Ordinaten enthält.

In diesem Diagramm muss man auch noch die Mehrarbeit für das Anfahren berücksichtigen, welche nach verschiedenen Versuchen bis auf das Dreifache der normalen Zugleistung steigen kann. Sie ist natürlich in Wirklichkeit von vielen und mannigfachen Umständen abhängig; immerhin genügt diese Annahme für die Bemessung der Anlage, weil doch alle Teile derselben kurze starke Mehrbeanspruchungen aushalten müssen.

Eine Schwierigkeit, diese Diagramme noch weiter zu verwenden, um für alle Züge, welche auf einer Strecke oder in einem Netze nach einem bestimmten Fahrplan verkehren, die gesamte Arbeit zu ermitteln, ist nun durchaus nicht vorhanden, und man erhält so ein Diagramm des gesamten Arbeitsverbrauches der Bahn für alle Stunden des Tages, aus welchem man analog der früher gegebenen Darstellung der Behandlung von Lichtdiagrammen ermitteln kann, welche Grösse man den Motoren, Generatoren und Betriebsmaschinen zu geben hat, und wie viele Pferdestärkenstunden an die Motoren abzugeben sind.

Die bedeutenden Schwankungen der Arbeitsleistung bei einer elektrischen Bahn legten nun den Gedanken nahe, eine grössere Oekonomie der Anlage und des Betriebes zu erzielen, indem man bei dem hauptsächlich zur Verwendung kommenden Gleichstrom durch Anwendung von Akkumulatoren eine Verkleinerung der maschinellen Anlage und eine rationellere, gleichmässigere Ausnützung derselben zu bewirken hoffte. Dies ist geschehen und hat, wie es scheint, die Erwartungen grösstenteils erfüllt, denn heute benützt man Akkumulatoren sowohl als sogenannte Pufferbatterien, als auch in Form von Kapazitätsbatterien hoher Entladungsströme und geringer Entladedauer, um die Schwankungen im Kraftbedarf auszugleichen. Ob nun eine solche Batterie zweckmässig und ökonomisch ist, hängt von dem speziellen Fall ab.

Der Unterschied zwischen diesen beiden Arten von Batterien kann dahin präzisiert werden, dass die reine Pufferbatterie nur zum Ausgleich der Stösse benützt wird, während die Kapazitätsbatterie auch in reiner Entladung zur Wirkung kommt. Die Nachladung erfolgt in der Regel während des Betriebes zu Zeiten, wo der Arbeitsbedarf die Leistungsfähigkeit der Maschinen nicht erreicht, und meist nur kurze Zeit am Ende jeder Betriebsperiode.

Die überaus interessanten Vorgänge bei solchen Batterien im Betrieb der Bahnen hat Illner in klarer Weise geschildert und dargetan, dass bei Anwendung von Pufferbatterien Compoundmaschinen gegenüber von Nebenschlussmaschinen im Nachteil sind.

Mit grossem Vorteil können Pufferbatterien und Kapazitätsbatterien verwendet werden, wenn es sich darum handelt, eine gegebene Kraft, etwa eine Wasserkraft, zum Betrieb einer Bahn heranzuziehen; die Batterien sind in einem solchen Falle oft geradezu unerlässlich, weil die hydraulischen Motoren nicht so präzise reguliert werden können, wie gute Dampfmaschinen, daher an den Arbeitsschwankungen weit mehr leiden als diese, bei denen übrigens selbst bei gutem Einhalten der Umdrehungszahlen die Schwankungen der Beanspruchung auch keineswegs zu unterschätzen sind.

Die genannten Puffer- oder Kapazitätsbatterien sind meist stationär im Gegensatz zu den vom Wagen oder der Lokomotive mitgeführten Traktionsbatterien; es ist aber nicht ausgeschlossen, dass man auch Batterien mit Vorteil im Zug mitführt, welche als reine wandernde Pufferbatterien funktionieren.

Wenn nun das Betriebssystem gewählt werden soll, so ist zu beachten, dass die Umstände meistens sehr zu Gunsten der elektrischen Bahn sich geltend machen, es sei denn, dass eigenartige Betriebsverhältnisse, geringe Lasten, billiges Abfallbrennmaterial u. dergl. für Dampflokomotiven sprechen. Im allgemeinen kann man in belebten Städten die elektrische Bahn als wesentlich günstiger ansehen, als die Dampfbahn, in Bergwerken ist sie, falls es sich nicht um Schlagwetter- oder sonst gefährliche Gruben handelt, so gut wie die einzig mögliche, ebenso wenn als Betriebskraft eine Wasserkraft in Frage kommt. In Hüttenwerken kann aber auch eine Dampfbahn gut am Platze sein. Zu Gunsten der elektrischen Bahn sprechen meist ausschlaggebend folgende Momente:

Der elektrisch betriebene Motorwagen oder die elektrische Lokomotive machen weitaus weniger Lärm, als die Dampflokomotive und vermeiden Rauch-, Russ-, und Dampfbildung sowie den charakteristischen Geruch des heissen oder auf glühenden Teilen verdampfenden Oeles; bei elektrischem Betrieb wird daher das fahrende Publikum nicht belästigt, was bei Dampflokomotiven unvermeidlich ist.

Der Wagenführer hat bei elektrischem Betrieb stets einen freien Ausblick, und ist nicht den wallenden Dampf- und Rauchwolken ausgesetzt; daher kann er die Strecke gut übersehen.

Die elektrischen Fuhrwerke sind rascher und daher in geringerem Raumabstand anzuhalten, wie Dampffuhrwerke, weil man bei ihnen auch starke elektromagnetische Bremsung hierzu verwenden kann; die bewegten Massen sind ausschliesslich rotierend, können daher leichter und mit weniger Unzukömmlichkeiten angehalten werden, als die Mechanismen der Dampflokomotive. Die elektrische Bremsung wirkt augenblicklich, während die mechanische Bremsung immer mehrere Sekunden zur Bewegung der Bremsspindel braucht.

Zufolge der ausschliesslich rotierenden Teile sind die fehlerhaften Bewegungen und Schwankungen der elektrischen Lokomotive weitaus geringer, als jene der Dampflokomotive; deshalb kann man ersterer leicht eine grössere Fahrgeschwindigkeit zumuten als der letzteren, ohne dass Lokomotive und Wagen in lästige, stossweise Bewegung kommen. Es wird daher sowohl das rollende Material als auch der Bahnkörper wesentlich geschont.

Hinsichtlich des Betriebes kann man bei Vorhandensein der nötigen Fahrzeuge eine Anpassungsfähigkeit an den Bedarf wie beim elektrischen Betrieb bei anderen Betrieben nicht finden.

Während also heute noch, wahrscheinlich aber nicht mehr lange, der Dampf sich für grössere Fernzüge besser eignet, wird seine Anwendung bei Betrieb von kleinen Zügen, welche in kurzen Interwallen verkehren, relativ teuer. Die vielversprechenden Versuche, den elektrischen Betrieb auch auf Hauptbahnen auszudehnen, lassen erwarten, dass bei Anwendung eines Stromsystems, welches billige Leitungen ergibt. auch für Fernzüge in nicht allzulanger Zeit elektrischer Betrieb mit Vorteil verwendet werden wird. Auch wird man zweifellos daran gehen, die zahlreichen Bahnstrecken, welche heute während soviel längerer Zeit brach liegen, als sie der Benützung durch Züge ausgesetzt sind, durch Einschieben elektrisch betriebener kurzer Nahzüge zwischen einzelnen Stationen entsprechend auszunützen.

Die Kosten des Betriebes sind wesentlich geringere, als bei Dampflokomitiven, weil bekanntlich diese Maschinen und ihre Kessel unter den ungünstigsten Verhältnissen bezüglich der Ausnutzung des Dampfes arbeiten, während die stationären Maschinen der Zentrale, welche den elektrischen Strom erzeugen, nebst ihren Kesseln in sehr guten ökonomischen Verhältnissen betrieben werden.

Die Motorwagen und elektrischen Lokomotiven sind jederzeit betriebsfähig. Die Reparaturen an elektrischen Fahrzeugen können gleichfalls als weitaus geringer betrachtet werden, weil infolge des geringen

Gewichtes die Gestelle und Federn weniger beansprucht werden, weil ferner der Kessel mit seinen zahlreichen und mannigfachen Quellen von Defekten wegfällt, und weil der Elektromotor und das Getriebe in staub- und wasserdichten Kapseln angeordnet sind, während gerade die feineren Maschinenteile (Steuerung) an der Dampflokomotive frei sein müssen, demnach allem Wetter, Schnee, Staub und Regen ausgesetzt, also auch der Abnützung mehr unterworfen sind.

Diesen Vorzügen steht nun allerdings ein grosser Nachteil gegenüber und zwar die Fahrleitung, ohne welche elektrische Traktion derzeit noch nicht ganz einwandsfrei bewirkt werden kann.

Der Strom muss von der Zentrale den Fahrzeugen zugeführt werden, und man verwendet dazu naturgemäss am häufigsten Leitungen in der Luft, welche aus blanken Drähten bestehen.

Diese Leitungen haben einerseits ein recht erhebliches Gewicht, anderseits müssen sie bedeutenden Kräften bei Zug und Schwingungen Widerstand leisten. Sie sind also ziemlich kräftig zu dimensionieren und erfordern daher auch kräftige Aufhängevorrichtungen. An Stellen von Abzweigungen und Kreuzungen häufen sich nun diese Leitungen und Vorrichtungen, geben einerseits ein oft sehr unschönes Ansehen, nehmen zufolge der zahlreichen Maste viel Platz weg, kosten viel Geld und bieten sowohl an sich als auch wegen der zahlreichen anderen blanken Drähte, welche mit ihnen kreuzen, eine stete Gefahr für das unterhalb verkehrende Publikum. Der letztere Umstand entfällt zwar in Bergwerken ebenso wie die Frage nach Beeinträchtigung des Strassenbildes, weil man in der Lage und veranlasst ist, die Leitungen an den Firsten des Stollens wegen des Durchhanges in viel kleineren Zwischenräumen zu befestigen, als man dies im Freien tun kann; dennoch sind auch hier die Kosten nur deshalb zu rechtfertigen, weil den anderen Anforderungen in der Grube fast kein System der Traktion, Dampf am allerwenigsten, gerecht wird.

Die unterirdischen Leitungen sind zwar mit mehreren der erwähnten Uebelstände nicht behaftet, sind aber im allgemeinen viel zu teuer und daher nur bei rationeller Ausnützung im Massenverkehr grosser Städte zulässig, im Berg- und Hüttenbetrieb aber, ebenso wie die sog. Niveauzuleitungen, ganz unmöglich.

Die Beseitigung der Zuleitung durch Anwendung von Akkumulatorenbetrieb wird sich so lange nicht durchführen lassen und frommer Wunsch bleiben, als die Anschaffungskosten der erforderlichen Batterien jene der Leitungen mehr als erreichen, als das Güteverhältnis der Anlage bei erhöhten Reparatur- und Nachschaffungskosten wegen der Ladeverluste ein geringeres ist, und endlich als die Stromkosten sich naturgemäss auch um die Kosten des Stromes für die erhebliche tote

Last der mitgeführten Akkumulatoren und für die sonst unnötigen häufigeren toten Fahrten zu und von der Ladestation vermehren. Nur in Bergwerken, für welche Sicherheitsgeleuchte vorgeschrieben ist, kann die Akkumulatorenlokomotive am Platz sein, weil sie frei ist von jeder Stromabnahmevorrichtung und bei gut gekapseltem Motor als gefahrlos betrachtet werden kann.

Was die Kosten der Hochleitung und die Verunstaltung des Strassenbildes betrifft, so kann man darüber wohl viel leichter hinwegkommen, als über die Frage der Gefährlichkeit. Diese letztere verdient aber die sorgfältigste Beachtung. Die Gefahren, welche eine meist mit höherer Spannung (350—550—750 Volt) betriebene Hochleitung mit sich bringt, können zweierlei Art sein, da einerseits das Zerreissen des Fahrdrahtes selbst nie absolut ausgeschlossen werden kann, und da andererseits insbesondere die zahlreichen blanken Telegraphen- und Telephondrähte, welche die Hochdrähte regellos kreuzen, die Gefahr der Berührung mit den letzteren und die Ableitung der hohen Spannung in den Bereich des Publikums bedingen, ohne gleichzeitig durch Berührung der Schienen oder der Erde eine selbsttätige Unterbrechung des Stromes zu bewirken.

Hochdrahtbrüche kommen nun allerdings bei rationeller Wartung und Beaufsichtigung der Anlage so selten vor, dass ihre Wahrscheinlichkeit kaum ernstlich in Berechnung gezogen zu werden braucht, und man mit ihnen nur als einer äussersten Möglichkeit rechnet, um gegen Vorwürfe geschützt zu sein.

Dagegen aber sind die Unfälle, welche durch Brüche der oberhalb blanker Hochdrähte befindlichen, gleichfalls blanken Telephon- oder Telegraphendrähte entstehen, relativ zahlreich und von grösserer Tragweite, weil der dünne Telephondraht die Tendenz hat, sich zusammenzuwickeln, und weil derselbe für Passanten weniger sichtbar ist, als der starke Hochdraht. Deshalb sind viele Mittel vorgeschlagen worden, um den Uebelständen zu begegnen.

Die gründlichsten sind natürlich die Beseitigung beider Leitungsarten, deren Kollisionen Unglücksfälle herbeiführen können oder wenigstens einer derselben, aus dem Raum oberhalb der Fahrbahn, bezw. die Verlegung derselben unter die Erde. Zu diesen kann man nun aber leider aus wirtschaftlichen Gründen nicht immer greifen und muss daher andere Vorsichtsmassregeln anwenden.

Eine zweite Art der Unzukömmlichkeiten, welche bei elektrischen Bahnen besonders in Städten dann entsteht, wenn die Erde zur Stromleitung verwendet wird, beruht auf den elektrischen Einflüssen des Stromes auf in der Erde liegende metallene Rohre und Kabelumhüllungen.

Andere Unzukömmlichkeiten, wie den beunruhigenden Eindruck der Vehikel auf Pferde, hat die elektrische Lokomotive oder der Motorwagen, trotz der oft auftretenden Unterbrechungsfunken in bedeutend geringerem Grade, als die Dampflokomotive, und solcherlei Unzukömmlichkeiten können überhaupt nicht mehr als Argument gegen den unaufhaltbaren Fortschritt im Verkehrswesen gelten.

2. Einteilung.

Man kann die Verkehrsmittel der elektrischen Zugförderung in folgender Weise einteilen, wobei es gleichgültig bleibt, ob die Fahrt auf einer eigenen, entweder in der Strassendecke oder auf besonderem Bahnkörper angebrachten Bahn aus Schienen oder auf den gewöhnlichen Strassen selbst erfolgt:

A. Verkehrsmittel mit Stromzuführung aus einem Elektrizitätswerk und zwar:

a) Mit Anbringung der Zuführungsleitung oberhalb der Fahrbahn, wenn diese auch im ganzen unter der Strassendecke bezw. unter der Erde liegt; Motorwagen und Lokomotiven für Tramways, Unterpflasterbahnen, Grubenbahnen u. dgl.;

b) mit Anbringung der Stromzuführung unter der Fahrbahn, nur bei Trambahnen in Städten erforderlich und am Platze, da der Preis eine weitere Verwendung nicht gestattet, und diese bei Elektromobilen, deren Charakteristikon die möglichste Zwanglosigkeit auf der Strasse ist, nicht möglich ist;

c) mit Anbringung der Stromzuführung in der Strassendecke selbst; naturgemäss auch nur für den Verkehr auf vorgeschriebener Bahn geeignet.

B. Verkehrsmittel ohne Stromzuführung aus einem Elektrizitätswerk usw.

a) Mit eigener Betriebsanlage und elektrischem Generator auf der Lokomotive; nur für grössere Leistungen am Platz;

b) mit mitgeführten Akkumulatoren, für Motorwagen und Lokomobile sowie Elektromobile geeignet.

C. Vereinigung einer Stromzuführung aus einem Elektrizitätswerk mit mitgeführten Akkumulatoren.

a) Mit Hochleitung, für Motorwagen, Lokomotiven und Elektromobile;

b) mit Tiefleitung, nur für Motorwagen und Lokomotiven.

3. System der Stromzuführung.

Wenn es sich um die Beurteilung der Frage handelt, welches System der Stromzuführung zu wählen ist, so wird dies in Bergwerken, Hüttenwerken und für Schleppbahnen auf eigenem Bahnkörper nur nach der Berechnung der Kosten und des Ertrages zu bestimmen sein, da sonstige Umstände wohl keinen wesentlichen Einfluss auf diese Wahl haben werden; daher wird in diesen Fällen ausschliesslich der einheitliche Fahrdraht und die Schienenrückleitung angewendet werden. Wenn aber ein System von Zuleitungen für den Betrieb in den Strassen einer Stadt mit halbwegs regerem Verkehr gewählt werden soll, so kann man bei den heutigen Betriebs- und Gewinnverhältnissen aller, insbesondere der elektrisch betriebenen städtischen Tramways, selbst bei noch so grossem Wohlwollen und Entgegenkommen gegen die Unternehmer keinen anderen Standpunkt einnehmen, als dass in der Stadt jedes System auszuschliessen ist, welches auch nur im entferntesten mit einer Gefährdung der Person durch Reissen eines Fahrdrahtes oder durch Berühren von Telephondrähten verknüpft sein kann. Man muss eher andere Konzessionen bewilligen, als dass man es auf sich nimmt, die Gesundheit auch nur eines einzigen Menschen je einmal in eine Gefahr bringen zu lassen. Von diesem Standpunkte aus ist in Städten bezw. Orten mit regerem Verkehr, Badeorten u. dgl. nur der Schlitzkanal zulässig; die Wirkung der erhöhten Anlagekosten müssen durch erhöhte Fahrpreise, längere Konzessionsdauer, Subventionen, günstigere Ablösung bezw. Heimfallbestimmungen u. dgl. aufgehoben werden. Wenn dann keine rationelle Benützung der Bahn durch das Publikum als wahrscheinlich erscheint, so ist dasselbe an dem betreffenden Orte noch nicht reif für eine elektrische Bahn und fahre mit den alten Vehikeln.

Anders ist die Sache natürlich bei Bahnen über Land, auf eigenem Bahnkörper oder an Landstrassen, wo eine Veranlassung, die Schienen zu kreuzen, nur selten besteht. Da kann man heute getrost das System der Hochleitung anwenden.

Zur Schilderung der einzelnen Systeme übergehend möge vorausgeschickt werden, dass prinzipiell jede elektrische Fahranlage mit Stromzuführung besteht aus:

a) dem Fahrzeug mit Elektromotor, Regelungs- und Stromzuführungsvorrichtungen,

b) der Stromzuleitung und

c) der Stromerzeugungsstelle.

Fahranlagen ohne Stromzuführung mit eigenen Generatoren bestehen aus Fahrzeugen, welche durchaus unabhängig verkehren können und alle Mittel zur Stromerzeugung stets auf sich mitführen.

Anlagen mit Akkumulatoren auf dem Fahrzeug sind jedoch wieder abhängig:

a) von einer Zentrale, in welcher die Ladung der Batterien vorgenommen wird,

b) eventuell von einer Leitung, welche den Strom zu gewissen Zeiten dem Fahrzeug unmittelbar liefert, zu zeiten sogar zur Aufladung der Akkumulatoren während der Fahrt benützt werden kann.

A. Verkehrsmittel mit Stromzuführung aus einem Elektrizitätswerk.

a) Zuführung des Stromes oberhalb der Fahrbahn (Hochleitung).

Dieses System, welches heute am weitesten verbreitet ist, hat die in Fig. 113 schematisch skizzierte Anordnung:

Eine Dynamomaschine, welche zum Ausgleich der Spannungsverluste in den Leitungen übercompoundiert ist, wird mit-

Fig. 113. Schema der elektrischen Bahn mit Hochleitung.

tels zweier Schmelzsicherungen, einem Selbstausschalter und einem Handausschalter an zwei Sammelschienen des Schaltbrettes angeschlossen; es können natürlich auch mehrere Dynamos parallel arbeiten.

Von der positiven Sammelschiene zweigen nach Erfordernis unter Zwischenschaltung von Selbstausschaltern die Speiseleitungen ab, während die negative Sammelschiene mit der Fahrschiene, deren Verstärkungsdrähten und Erdleitungen verbunden ist. Auch der Fahrdraht ist parallel zu den positiven Speiseleitungen mit der positiven Sammelschiene verbunden.

An jenen Stellen, wo die Speisung erfolgt, ist der Fahrdraht durch Streckenunterbrecher in Abteilungen geteilt, deren jede durch die entsprechend angeordneten Streckenausschalter von den Speiseleitungen mit Strom versorgt wird. Im Bedarfsfalle werden die Streckenausschalter an den beiden Enden einer Teilstrecke geöffnet und die Stromzuführung zu derselben, oder im Falle eines Drahtbruches zu ihren Teilen unterbrochen.

An dem Fahrdraht sind die Leitungen zu den Hochspannungsblitzschutzen angebracht, und es gleiten ihm entlang die Stromabnehmer der Motorwagen, durch deren Motoren der Strom vom Fahrdraht zur Fahrschiene geleitet wird und die Fahrt bewirkt.

Kurze Linien, auf welchen wenige Wagen verkehren, werden ohne Speiseleitungen disponiert, weil bei ihnen die Verluste im Fahrdraht noch nicht das zulässige Mass überschreiten. Wenn aber längere Linien oder ein ausgebreitetes, nach allen Richtungen verzweigtes Netz zu betreiben sind, so sind die getrennten Zuleitungen unerlässlich. Einerseits wird dadurch eine gleichmässigere Spannung im ganzen Netz erreicht, zweitens wird der Fahrdraht vom Strom entlastet, endlich ergibt sich dadurch die obenerwähnte Teilung in Abschnitte; dies letztere erhöht die Betriebssicherheit, weil bei irgend welchen Vorkommnissen im Netz nur immer ein einzelner Abschnitt stromlos zu werden braucht, die anderen nicht beteiligten aber unberührt bleiben.

Die Anschlüsse des Fahrdrahtes an die meist parallel mit demselben an besonderen Isolatoren, aber auf demselben Gestänge geführten Speiseleitungen bewirkt man in Abständen von 200—250 m mittels isolierter Kabel und zwar mit Vorteil am Anfang und Ende der betreffenden Abteilung, weil dann der Speisedraht, soweit er parallel mit dem Fahrdraht liegt, nicht so stark gewählt zu werden braucht, da der Fahrdraht auch als Speisedraht dient.

Bei verzweigten Netzen kommen parallel zum Fahrdraht die Verstärkungsleitungen zu liegen und an diese schliessen die Speiseleitungen an, welche auf einem beliebigen, womöglich dem nächsten, Weg, oft als unterirdische Kabel, zur Zentrale führen.

4. Ausführung der Leitungen.

Was die Hochleitung betrifft, so wird sie aus hartgezogenem Kupferdraht angefertigt, welcher etwa 8—10 mm Durchmesser hat, und hat den Zweck, dauernd eine leitende Verbindung zwischen der Elektrizitätsquelle und dem Motor zu bewirken; sie muss daher derart angebracht sein, dass der vom Fahrzeug mitgeführte Stromabnehmer sie stets gut berühren kann. Bei einfacher Hochleitung muss sie daher

möglichst oberhalb der Mitte des Gleises liegen, was mittels einer Schablone erzielt wird, welche die zulässige Abweichung von der Mitte begrenzt; bei mehrfachen Leitungen, wie dies z. B. bei Verwendung von Drehstrom zu Bahnzwecken vorkommt, legt man die Leitungen seitlich vom Gleise vertikal übereinander und verwendet natürlich auch seitlich schwingende Stromabnehmer.

Mit Rücksicht auf die höhere Spannung ist eine mindestens zweifache Isolierung bei der Aufhängung der Fahrdrähte am Platz, wonach die verschiedenen Aufhängevorrichtungen konstruiert sind.

Solide Befestigung und Widerstand gegen Schwingen wurde durch starkes Spannen (etwa 500 kg abs. Zug) und durch Klemm- oder verlötbare Befestigungsmittel erreicht, welche „Drahthülsen" heissen und durch die Figuren 114 und die folgenden dargestellt sind. Manchmal hört man auch den Namen „Oese", der aber in keiner Weise gerechtfertigt ist. Die „gerade Hülse" (Fig. 114) wird auf gerader Strecke verwendet. Der Fahrdraht wird unten in sie eingelötet, oben wird der isolierende Träger eingeschraubt. Bei der „Kurvenhülse" (Fig. 115) ist der Fahrdraht beim Löten durch die Flügelfortsätze an den Enden zu halten, welche dann abgefeilt werden. Man hat auch Hülsen für Stromzuführung zur Verankerung u. s. w. (Fig. 116 und 117, Gesellsch. f. Strassenbahnbedarf, Berlin. Die Anwendung der Klemmhülsen (Fig. 118) ist ohne weiteres klar. Bei den gelöteten Hülsen wird der Draht zuerst mit Hilfe zweier am Ende der Hülse befindlichen, fahnenartiger Fortsätze an die Hülse herangehalten, welche nach der Verlötung abgefeilt werden, so dass der Draht glatt weitergeht und stets die tiefste Stelle unter der Aufhängung einnimmt (Ausführung Union). Die „Verankerungshülse" dient zur Befestigung am Ende der Leitung, wo man den Zug nicht allein auf die Lötung wirken lassen darf, oder zur Verbindung von Drahtenden, was auch durch Fig. 119

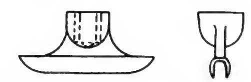


Fig. 114. Gerade Fahrdrahthülse. Ges. f. Str.-Bed.

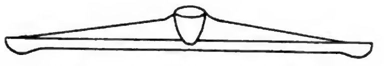


Fig. 115. Kurvenhülse. Ges. f. Str.-Bed.

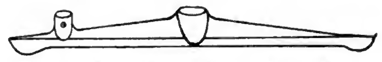


Fig. 116. Hülse mit Stromzuführung. Ges. f. Str.-Bed.



Fig. 117. Hülse zur Verankerung. Ges. f. Str.-Bed.

dargestellt ist, in Ausführung der Gesellschaft für Strassenbahnbedarf.

Man hat auch andere Drahtquerschnitte anzuwenden versucht und zwar z. B. einen Querschnitt in Form einer stehenden 8; dazu sind Hülsen erforderlich, welche durch die Figuren 120 und 121 dargestellt sind (H. W. Johns & Co. Maschinenfabrik).

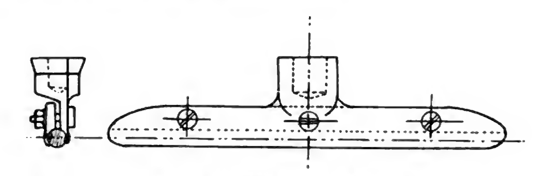


Fig. 118. Klemmhülse. Ges. f. Str.-Bed.

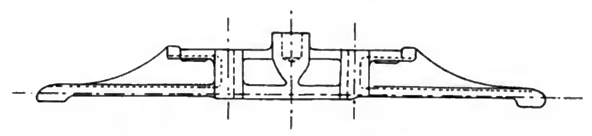


Fig. 119. Hülse zur Verlängerung.



Fig. 120. Hülse für Fassondraht. Johns & Co.



Fig. 121. Hülse mit Pressklammer. Johns.



Fig. 122. Drahtschloss.

Die Verbindung von Drahtenden kann auch durch ein Schloss ähnlich den Schlössern bei Bergwerksseilen bewirkt werden, wie Fig. 122 zeigt.

Die Teile, welche mit dem Fahrdraht unmittelbar in Berührung kommen, sind aus Messing angefertigt.

Unmittelbar hinter dem Drahthälter bringt man die erste isolierende Befestigung an. Die meist gebräuchlichen Formen sind jene, wo ein Bolzen aus Eisen, welcher mit einem vollkommenen Hartgummi-Ueberzug versehen ist (Fig. 123, Union), in die Gewindeöffnung des Drahthälters eingeschraubt wird. Auch die Verbindung

von Hartgummikonus und Hartgummikappe (Fig. 124, Union) ist gebräuchlich.

Diese isolierenden Bestandteile (Bolzen, Konus u. dgl.) werden in entsprechenden Hältern gut befestigt, welche mit Verschraubung oder

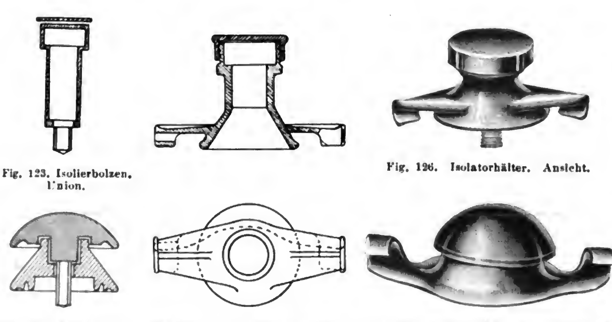


Fig. 123. Isolierbolzen. Union.

Fig. 126. Isolatorhälter. Ansicht.

Fig. 124. Hartgummikonus mit Kappe. Union.

Fig. 125. Isolatorhälter zur Verankerung. Union-Schnitt.

Fig. 127. Isolatorhälter der Gesellschaft für Strassenbahnbedarf.

Aufhängung auf Draht u. dgl. die Aufhängung des ganzen Systems oberhalb der Fahrbahn gestatten. Die nun folgenden Bestandteile werden aus Weichgusseisen oder Schmiedeeisen und Stahl angefertigt.

Kennzeichnend für diese Hälter ist ein zu öffnender Hohlraum, in welchen der isolierende Körper hineinpasst, oder ein Ring, welcher den letzteren aufnimmt, oder endlich, es ist der ganze Hälter aus einem Stück angefertigt (Fig. 125, 126 und 127).

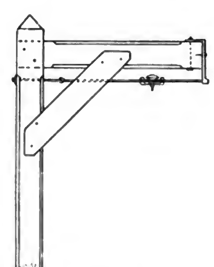


Fig. 128. Aufhängen des Fahrdrahtes an Holz.

Je nach dem Ort, wo der Hälter zu befestigen ist, bekommt er verschiedene Formen und zwar Fig. 125, wo das Eisenstück zwei Arme mit offenen Oesen und an der Seite zwischen diesen eine Rille hat; dies dient zum Einlegen eines Drahtseiles, an welchem der ganze Hälter verschoben werden kann und zufolge der Reibung und Klemmung genügend fest gegen seitliche Verschiebung gesichert ist, aber auch jederzeit ein Nachrücken über die Mitte des Gleises gestattet. (Siehe auch Fig. 128).

Ferner findet man den Oberteil nach Fig. 129 ausgestaltet und zwar mit zwei seitlichen Augen zur Befestigung an Balken mittels Schrauben.

Fig. 130 zeigt einen solchen Hälter für Ausleger aus Rohren an Masten.

Der beiläufige Massstab der Zeichnungen ist 1 : 2 bis 1 : 4.

Fig. 131 ist ein Tunnelisolator zur Anbringung von Leitungsschienen im Tunnel, bezw. Stollen (A. E.-G.).

Als Mittel zum Isolieren der Aufhängung von der Hülse des Fahrdrahtes wird Hartgummi verwendet. In neuerer Zeit wird vielfach von einem neuen Isoliermittel „Eburin" der Gesellsch. f. Strassenbahnbedarf in Berlin, Gebrauch gemacht. Dieses dürfte dem Hartgummi

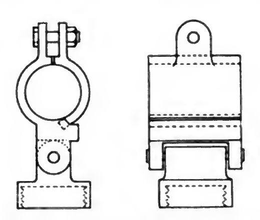


Fig. 130. Isolatorhälter für Rohrausleger.



Fig. 129. Isolatorhälter für die Decke. A. E.-G.



Fig. 131. Isolatorhälter für Stollen od. Tunnel. A. E.-G.

vorzuziehen sein, da es widerstandsfähiger ist, als letzteres, und keine Säuren enthält, somit Metallteile nicht angreifen kann. Es besitzt eine bedeutende Festigkeit und ist nicht hygroskopisch, zeigt einen sehr hohen Isolationswiderstand und eine ausserordentlich hohe Bearbeitungsfähigkeit.

Die betreffenden Gegenstände können durch Pressen und jede andere mechanische Bearbeitungsart erzeugt werden, so dass auch komplizierte Formen möglich sind. Gegenüber Porzellan hat Eburin den Vorzug, dass es nicht schwindet und wegen Fortfalls des Brennens keine Formänderung erleidet.

Die festeste Anbringung des Fahrdrahtes ist jene an Drahtseilen zwischen Mauerrosetten an Häusern. Will oder muss man von Gebäuden, welche an der Bahn stehen, unabhängig sein, so hängt man die Fahrdrähte auf unter Zuhilfenahme von Masten. Es ist zweifellos besser, je zwei Maste einander gegenüber aufzustellen und diese gleichsam Gebäudemauern ersetzen zu lassen, weil in diesem Falle die Maste nur auf Biegung beansprucht werden. Wenn dies aber zu viel kosten sollte oder aus anderen Gründen nicht erwünscht ist, so muss man zum

Ausleger am Mast greifen, wobei aber zu beachten ist, dass in den meisten Fällen hierdurch der Mast auch eine drehende Beanspruchung erfährt.

An stärkeren Krümmungen muss man stärkere Maste, eventuell sogar Gittermaste vorsehen, um den starken Zug aufzunehmen. In den Strassen der Städte werden eiserne Rohrmaste angewendet, ausserhalb solche aus gewalzten Trägern; man kann überdies mit Rücksicht auf

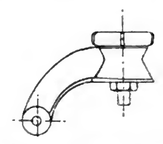


Fig. 132. Isolatorhälter zum Abspannen. Ges. f. Str.-Bed.

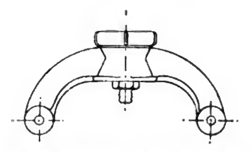


Fig. 133. Isolatorhälter zum beidseitigen Abspannen.

das Faulen und Reissen der Holzmaste und auf ihre wahrscheinliche Dauer rechnungsmässig bestimmen, wann die Anwendung von Eisenmasten vorteilhafter ist. Hierbei ist nicht zu vergessen, dass der Holzmast als isolierender Körper gilt, der Eisenmast natürlich nicht, dass letzterer aber für die Ableitung atmosphärischer Entladungen mehr in Frage kommt.

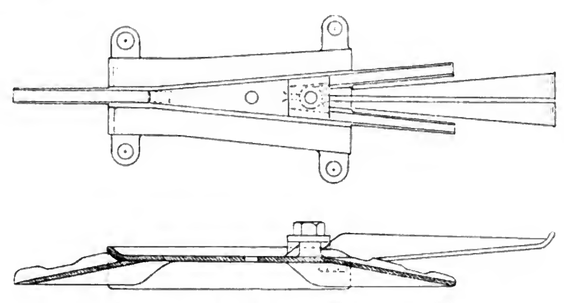


Fig. 134. Luftweiche. Union.

Wenn die Fahrleitung in Kurven oberhalb des Gleises gehalten werden soll, so bedient man sich der Hälter nach Fig. 132, 133 (Ges. f. Strassenb.-B.), ersterer für einseitigen, letzterer für zweiseitigen Spanndraht. Bei der Anwendung von Fahrrollen können die seitlichen Arme so weit herabreichen, dass der Fahrdraht in die Horizontal-

ebene der Augen zu liegen kommt, wodurch drehende Momente bei der Drahtspannung vermieden werden. Wenn aber, wie bei der Anwendung von Gleitbügeln, der Raum unterhalb der Aufhängung in grösserer Breite frei sein muss, so müssen auch die Arme gerade sein, und man hat dann beim Spannen die auftretenden Drehmomente zu berücksichtigen.

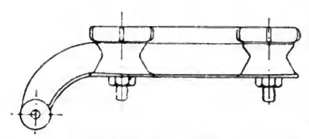


Fig. 135. Isolierhälter für parallele Fahrdrahte einseitig.

Kreuzungen und Abzweigungen (Weichen) erfordern bei Fahrrollen grössere Vorrichtungen, welche den Uebergang der Rolle auf die entsprechende Leitung ermöglichen

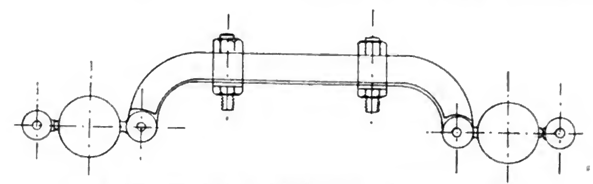


Fig. 136. Isolatorhalter für parallele Drahte mit beidseitigen Isolatoren.

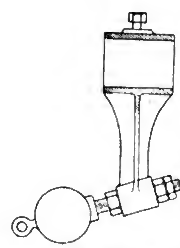


Fig. 137. Weitspann-Isolator für Ausleger.

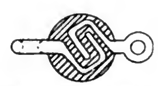


Fig. 138. Kugel-Isolator.

(Fig. 134, Union), bei Gleitbügeln ist dies viel einfacher, da der abzweigende Draht einfach an den Hauptdraht angeschlossen wird. Wenn Weichen in rascher Aufeinanderfolge vorkommen, so vermeidet man die elektrischen „Luftweichen“ vollständig und führt die beiden Drähte eine Strecke lang parallel miteinander. Hierzu dienen die Hälter Fig. 135 und 136, Ges. f. Strassb.-B.

Letztere Figur zeigt auch, in welcher Weise die vorgeschriebene zweite Isolation des Fahrdrahtes vorgenommen wird. Man verwendet dazu meist die einfacheren kugeligen „Weitspannisolatoren“, welche teils unmittelbar an den Hältern (Fig. 136), teils an den Auslegern (Fig. 137), teils an einer geeigneten Stelle der Spanndrähte angebracht werden. Ein solcher Kugelisolator (Fig. 138) besteht aus zwei hakenförmig gebildeten, ineinander greifenden Eisenteilen, welche mit Hartgummi oder Eburin umpresst sind. Auch die Form Fig. 139 (Johns) ist zweckmässig, wobei die Oesen (Fig. 140) entsprechend dem Bedarf ausgestaltet sind.

um dem ganzen System sowohl Festigkeit, als auch Steifigkeit und Nachgiebigkeit zu gewähren. Am vollkommensten in dieser Hinsicht sind die „Wirbelisolatoren“ (Fig. 141 und 142), welche meist zugleich mit Spannvorrichtung versehen werden (Ges. f. Str.-B.). Diese Teile werden auf 1000—2000 kg Bruchfestigkeit geprüft.

Wenn die Hängedrähte grössere Längen haben, sind Wirbelisolatoren mit Spannschloss anzuwenden (Fig. 143).

Bei Befestigung des Fahrdrahtes an Konsolen auf Holzmasten gelten die letzteren als genügende zweite Isolation.

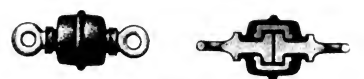


Fig. 139. Kugel-Isolator. Johns.

Die Befestigung der Spanndrähte an Häusern erfolgt mit sog. Rosetten (Fig. 144), welche auch nach dem Prinzip der Wendekugeln von Beleuchtungskörpern ausgeführt werden können. Zum Zwecke der obenerwähnten Teilung der Hochleitung in einzelne Strecken, was wegen der Betriebssicherheit geboten erscheint, verwendet man die „Streckenunterbrecher“ oder „Streckenisolatoren“. Fig. 145 (Ges. f. Str.-B.) zeigt eine solche einfachste Ausführung aus Holz; es wird



Fig. 140. Kombinierte Kugel-Isolatoren. Johns.

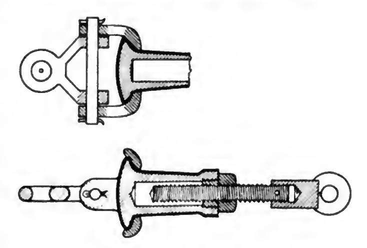


Fig. 141. Wirbel-Isolator. Schnitt.

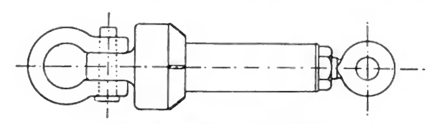


Fig. 142. Wirbel-Isolator. Ansicht.

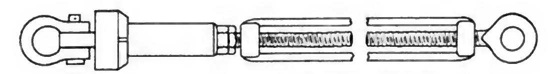


Fig. 143. Wirbel-Isolator mit Spannvorrichtung.

hierbei in den Fahrdraht ein Stück imprägniertes Hartholz eingeschaltet, welches von der Fahrrolle oder dem Bügel unten bestrichen

wird und eine Unterbrechung der Strecken darstellt. Hierbei ist nicht ausgeschlossen, dass die Unterbrechungsfunken von der Unterbrechungsstelle fortgezogen werden und das Holzstück beschädigen. Deshalb hat man solche Streckenisolatoren mit Funkenunterbrechung konstruiert, welche aus einer Reihe von Isolierscheiben gebildet wird, die zwischen Metallscheiben angebracht sind (Fig. 146). Die Metallscheiben haben hierbei den Zweck, die Abnutzung der Isolierscheiben zu vermeiden und dem Stromabnehmer einen analogen Weg zu bieten, wie er an



Fig. 144. Wandrosette.

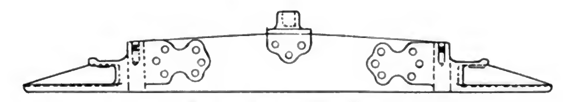


Fig. 145. Strecken-Unterbrecher.

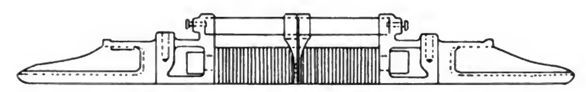


Fig. 146. Strecken-Unterbrecher mit Funkenlöschung.

dem Fahrdraht findet. Die Verbindung mit den Speiseleitungen und Streckenausschaltern erfolgt entweder in eigenen, seitlich angebrachten Kästen, oder aber es ist der Streckenunterbrecher selbst mit zwei Ausschaltern versehen, deren Hebel eigene Fortsätze haben, welche seitlich aus dem Unterbrecher herausragen und mit Hilfe von Stangen zu betätigen sind.

Solche Streckenausschalter sind in der Regel auch mit Sicherung verbunden und bestehen aus einem eisernen Kästchen, welches an der Seite eines Mastes oder an einer Gebäudemauer befestigt wird. In demselben befinden sich isoliert die Lamellen zur Aufnahme der Stromleitungskabel und der Sicherung. Diese letztere ist in dem Hohlraum

eines Handgriffes aus Porzellan untergebracht, also von der Umgebung vorschriftsmässig vollkommen getrennt. Da man die so entstehende Patrone auch vollständig während des Betriebes herausziehen kann, so dient die ganze Vorrichtung als sehr einfacher Ausschalter.

Um einen etwa gerissenen Fahrdraht selbsttätig auszuschalten und ihn dadurch für die Passanten ungefährlich zu machen, bedient man sich des „Ausschaltisolators" (A. E.-G.). Derselbe besteht aus einem metallenen Mittelstück, welches mittels einer der früher beschriebenen Isolatoren aufgehängt ist und oberhalb der Fahrkontaktbahn zwei Metallamellen trägt, welche gegeneinander federn. Die Fahrdrähte werden beiderseits mit Hilfe von konischen Hebeln angebracht, welche an dem Mittelstück drehbar sind und eine Lamelle tragen, die sich zwischen die obenerwähnten federnden Metallstreifen schiebt und da-

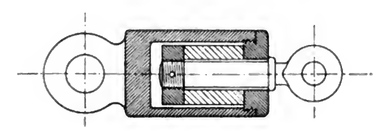


Fig. 147. Schalldämpfer.

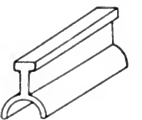


Fig. 148. „Reiter" für Schutzleisten.

zwischen festgehalten wird, solange der Fahrdraht gespannt ist. Reisst dieser letztere, so schaltet er durch sein eigenes Gewicht aus.

An Orten, wo die Geräusche und Schwingungen der Drähte lästig sind, kommen Schalldämpfer zur Anwendung, welche durch Fig. 147 gekennzeichnet sind. Sie bestehen aus einer Metallhülse mit abschraubbarem Deckel, durch den ein Bolzen mit Oese geschoben und mit runder Mutter und Gummipuffer festgehalten wird.

Gegen das Reissen und Herabfallen des Fahrdrahtes gibt es nur einen Schutz, und dieser liegt in der steten Revision und der Auswechslung abgenutzter Fahrdrähte. Dagegen hat man gegen die unheilvollen Folgen der Berührung von Fahrdrähten mit Telephon- und Telegraphendrähten, welche oberhalb der ersteren liegen und bei ihrem häufigerem Reissen wegen Kurzschluss und ihrer geringen Sichtbarkeit Gefahr für die Passanten bringen, mehrfache Schutzvorrichtungen ersonnen.

Die gebräuchlichste besteht darin, dass man an entsprechenden Stellen des Drahtes metallene Hülsen, sogen. „Reiter" aus Messing, von der Form Fig. 148 und etwa 60 mm Länge auflötet und darauf Holzleisten aufbringt, welche den Fahrdraht in einer gewissen Länge oben bedecken und so herabfallende Telephondrähte hindern, den Draht

zu berühren; die letzteren können vielmehr, wenn sie glatt abfallen, an den geteerten Holzleisten abgleiten und ohne Gefahr einer leitenden Verbindung mit dem Fahrdraht zur Erde gelangen. Damit aber bei etwaigem Weitergleiten auf den Leisten und bei Erreichen des Endes derselben gleichfalls eine Berührung mit dem Fahrdraht vermieden wird, werden an den Enden der Leisten noch Drahtfänger angebracht, welche vom Fahrdraht isoliert sind und die Bewegung des fallenden Telephondrahtes aufhalten (Fig. 149).

An jenen Stellen des Fahrdrahtes, wo derselbe an den Isolatoren hängt, ist die Bedeckung mit Schutzleisten nicht tunlich. Man verwendet daher sowohl hier, als bei Verankerungen und Weichen Schutzbügel aus gut mit Gummi isolierten Drähten, welche in Metallhülsen

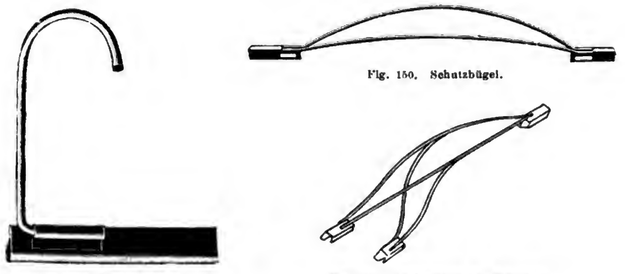


Fig. 149. Drahtfänger.

Fig. 150. Schutzbügel.

Fig. 151. Schutzbügel für Weichen.

endigen, die ihrerseits auf die Enden der Holzleisten passen. Bei kurzen Unterbrechungen der Leisten genügen Bügel aus zwei Drähten, welche über den Isolator hinweggebogen sind und in der Mitte die grösste Drahtentfernung aufweisen (Fig. 150).

Bei grösserer zu schützender freier Strecke, etwa bei Kreuzungen u. s. w., bieten aber die beiden Drähte keine genügende Steifigkeit, es werden also auch noch Zwischenverbindungen angebracht. Bei Weichen muss sich natürlich der Schutzbügel analog der Weiche gabeln, Fig. 151, oder es werden bei Kreuzweichen zwei sich kreuzende Schutzbügel verwendet.

Es hat sich gezeigt, dass diese Vorrichtungen nicht genügen, um die Gefahren der Hochleitung zu paralysieren, welche dieselbe an sich nicht hat, wohl aber bei Berührung mit einem gerissenen Telephondraht bekommen kann. Zur Beseitigung dieser Gefahren, welche hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben sind, dass die Telephondrähte die Tendenz haben, sich zu ringeln und daher auch den Fahrdraht trotz

der Schutzleiste von unten berühren können, hat man verschiedene Massnahmen empfohlen. Die radikalsten Vorschläge gehen dahin, oberirdische Kreuzungen von Telegraphen- oder Telephondrähten mit Fahrdrähten überhaupt zu vermeiden und daher die ersteren bei allen Kreuzungen unter die Erde zu verlegen. Dies ist natürlich mit Rücksicht auf die hervorragende volkswirtschaftliche Bedeutung des Telephonverkehrs ungerecht, und man wird am besten tun, folgende Grundsätze bei solchen Kreuzungen als massgebend anzuerkennen:

1. Zusammenlegen der kreuzenden Telephondrähte an möglichst wenigen Punkten.
2. Ausführung der Telephonleitungen an den Kreuzungsstellen aus bestisolierten Kupferseilen, um ein glattes Abfallen der Leitungen bei Bruch zu erzielen.
3. Wahl eines grossen Querabstandes der Befestigungspunkte der Telephondrähte und
4. Ziehen derselben vom Stützpunkt diesseits zu Stützpunkt jenseits der Fahrleitung mit möglichst geringer mechanischer Spannung.

Hiermit dürfte bei Beibehaltung der gebräuchlichen Vorrichtungen diejenige grösste Sicherheit erreicht werden, auf welche man billigerweise Anspruch machen kann.

Man tut hierbei gut, den Fahrdraht auch noch an den gefährdeten Stellen durch einen oder mehrere, gut geerdete, oberhalb desselben angebrachte, eiserne Längsdrähte zu schützen, wodurch sogar die Berührung des Fahrdrahtes mit der guten Isolierung des Telephondrahtes bei Reissen des letzteren vermieden wird. Auch kann man die Telephonleitungen mit einem Netz von geerdeten Schutzdrähten umgeben; doch scheint dies fast zu viel zu sein.

5. Das Gleis.

Der Strom, welcher vom Fahrdraht durch den Stromabnehmer zum Motor geleitet wurde, verlässt denselben durch die Räder und gelangt durch die Schienen zur Zentrale zurück. Es ist daher auch notwendig, dass die Schienen eine gut leitende Verbindung darstellen. Dies ist umsomehr der Fall, als die Schienen mit der Erde in leitender Verbindung stehen, und als daher die Ströme, falls ihnen die Schienenrückleitung zu grossen Widerstand bietet, ihren Weg neben diesen her durch die Erde und mit begreiflicher Vorliebe durch die in denselben verlegten Metallmassen, wie Wasserleitungs-, Gasrohre und Kabelpanzer, nehmen.

Man glaubte früher, dass es zweckmässig sei, die Leitung durch die Erde dadurch zu verbessern, dass man häufiger grosse Erdplatten

anwendete. Dies ist aber ein Irrtum, denn der Strom, welcher seitlich von den Schienen in der Erde zurückfliesst, ist abhängig von der Potenzialdifferenz zwischen den äussersten Punkten des Schienenstranges, aber auch von dem Widerstand des Weges, den er zu durchlaufen hat.

Wenn nun auch die Verbesserung der Erdleitung durch versenkte Erdplatten auf Ueberlandstrecken von elektrischen Bahnen sehr zweckmässig ist und keinen Schaden anrichten kann, wenn nicht gerade neben der Bahn Rohrleitungen in der Erde liegen, so hat dieselbe die unangenehmsten Folgen in grösseren Stadtnetzen, wo Kollisionen mit Rohrleitungen unausbleiblich sind, und auch in Bergwerken und Hüttenwerken.

In allen Fällen, wo elektrolytische Wirkungen des Stromes auf andere metallene Leitungen zu befürchten sind, muss also vorgesorgt werden, dass dieselben keinen Schaden machen, daher auf das Minimum reduziert werden.

Ist das Netz verzweigt, so ist es zweckmässig, den positiven Pol der Dynamomaschine mit dem Fahrdraht, den negativen mit der Schiene zu verbinden, was sonst prinzipiell gleichgültig ist; aber da die chemischen Zersetzungsprodukte gleichsam mit dem Strome wandern, also an den Austrittstellen des Stromes aus etwaigen Rohrleitungen in die Erde Korrosionen verursachen, so hat man einen Vorteil daran, wenn diese gefährdeten Stellen nahe der Zentrale liegen und gut überwacht werden können, während die dezentralisierten Eintrittsstellen des Stromes aus der Erde in die fremde Leitung gefahrlos sind. Und dies ist eben dann der Fall, wenn der negative Pol mit der Schiene verbunden ist, also der Strom nach dem allgemeinen Ausdruck tatsächlich in der Schiene und in den parallel mit denselben liegenden fremden Leitungen zur Zentrale zurück fliesst.

Es dürfte sich dann auch bei gutem Leitungsvermögen der fremden Leitungen, soweit sie in Frage kommen, empfehlen, dieselben in der Nähe der Zentrale mit der Schiene zu verbinden.

Da es aber unbedingt notwendig ist, den Spannungsabfall im Schienenstrang nicht gross zu machen und man in der Praxis nicht über 10 Volt geht, so ist auch notwendig, für eine gute Schienenverbindung und für eine neben den Schienen verlegte blanke Kupferdrahtrückleitung zu sorgen.

Was zunächst die blanke Rückleitung anlangt, so wird dieselbe zeitweilig an den Schienen befestigt, im übrigen einfach neben denselben in den Erdboden versenkt. Ihre Stärke, bezw. der von ihr übernommene Anteil am Rückstrom richtet sich nach dem Schienenprofil und dem Widerstand der beiden Schienen, welche wesentlich von der guten leitenden Verbindung und von den Querverbindungen derselben abhängen.

Man verwendet zahlreiche Arten der Schienenverbindungen.

Fig. 152 zeigt z. B. eine Verbindung, bei welcher der Verbindungsdraht an jedem Ende eine Winkelmuffe trägt, deren zum Draht rechtwinkelig stehender Schenkel in ein Loch der Schiene gesteckt wird. Dieser Schenkel ist radial geschlitzt und besitzt eine zentrische Bohrung, in welche ein Stahlkeil eingetrieben wird, der die zwischen den Schlitzen übrig bleibenden Segmente des Muffenschenkels an die Wandung der Bohrung in der Schiene presst und so sowohl eine feste mechanische Verbindung, als einen guten elektrischen Kontakt zwischen Schiene und Muffe bewirkt. Leider sind bei diesen Verbindern etwas viel heterogene Metalle, Eisen, Zinn, Messing, Kupfer, welche ohne Zweifel elektrolytischen Wirkungen des Stromes ausgesetzt sind, bezw. örtliche galvanische Erscheinungen hervorrufen.

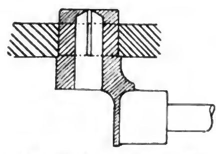


Fig. 152. Schienenverbindung.

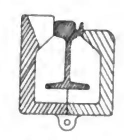
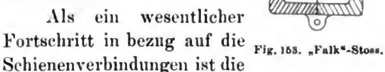


Fig. 153. „Falk"-Stoss.



Als ein wesentlicher Fortschritt in bezug auf die Schienenverbindungen ist die Herstellung eines verschmolzenen Stosses zu betrachten, wie selbe nach Vorschlag von Falk jetzt sehr häufig in städtischen Trambahnnetzen verwendet wird (Fig. 153). Derselbe besteht darin, dass um die beiden verschraubten Schienenenden eine Schalenform aus Gusseisen gelegt wird, welche den Kopf der Schienen frei lässt, den Steg aber und den Fuss mit den beiden, die Länge begrenzenden Wänden umfasst. Wird nun der so um die Schienenenden herum entstehende Hohlraum mit recht dünnflüssigem Gusseisen ausgegossen, so tritt einerseits eine teilweise Verschweissung der Schienen mit dem Gusseisen und anderseits bei Abkühlung ein sehr heftiges Anpressen des letzteren an die Schienen auf und es wird ein vorzüglicher Kontakt gebildet. Ausserdem bildet aber der gusseiserne Klotz einen gemeinsamen festen Schuh, in welchem beide Schienenenden stecken, so dass also auch mechanisch diese Schienenverbindung ausserordentlich fest ist, da die Schienenenden keinerlei Relativbewegung machen können. Auch bildet der gusseiserne Klotz eine starke Unterlage unter den beiden Schienenenden, so dass die Oberflächen der Schienenköpfe an den Enden immer glatt bleiben, die Stösse und Geräusche beim Vorbeirollen der Räder vermieden werden und die Abnützung der Fahrzeuge eine wesentlich geringere ist.

Hierbei fällt am meisten auf, dass bei solchen verschmolzenen oder verschweissten Stössen gar nicht auf die Längenänderungen der Schienen Rücksicht genommen erscheint, welche dieselben bei Temperaturschwankungen der Umgebung erleiden.

Es ist nun, wie die Erfahrung gezeigt hat, ein Unterschied zu machen zwischen den Schienen eines Gleises einer Trambahn in einer Stadt und zwischen jenen einer Bahn auf freier Strecke und getrenntem Oberbau. Denn während diese letzteren der „Dilatation" tatsächlich stark unterworfen sind, wird die meist in der Strassendecke, im Kies oder Pflaster gut eingebettete Schiene der Trambahn darunter nicht zu leiden haben, weil ihr erstens von der zugeführten Wärme weitaus weniger bleibt, und weil anderseits die dicht anliegende Umgebung das Bestreben nach Ausdehnung durch die Reibung in eine blosse Aenderung der Molekularspannungen verwandelt. Auch im Bergbau wird man, wenigstens was die Bahngleise im Stollen anlangt, von der Dilatation absehen können.

Dies gibt eine wichtige Handhabe, Tramwagenschienen für elektrischen Betrieb rationell zu verlegen, welche darin besteht, dass man die Schienen bei niedriger Temperatur dicht aneinander legt, so dass sie bei normaler Temperatur sich an den Stossflächen aneinanderpressen. Auf diese Weise wird die Leitungsfähigkeit des Gleises wesentlich erhöht und es wird der Schlitz zwischen den Schienenenden vermieden, der bei Eindringen von Wasser und Bilden von Eis stets Anlass gibt zur Zerstörung der Leitungsfähigkeit, bezw. der Schienenverbindungen, aber auch infolge Mehligwerdens der Schotterung zur Vernichtung des Oberbaues.

Für den Bergbau selbst, in welchem die Schienenprofile in der Regel klein sind, wird es sich empfehlen, überhaupt nicht weiter auf eine Schienenverbindung zu reflektieren, sondern ausschliesslich eine kupferne Rückleitung anzuwenden, weil im Vergleich mit den zu ersparenden Kosten des Kupferdrahtes und der Verlegung die Arbeit des Bohrens der Löcher und des Anfertigens und Anbringens der Verbindungen ziemlich bedeutend sind. Auch können bekanntlich die Schienen nicht lange in genauer Lage gehalten werden, weshalb es möglich ist, dass die Schienenverbinder stellenweise sich lockern und dann die ganze Verbindung illusorisch machen. Wenn daher keine langen Strecken zu befahren sind und unter der Bahn keine Leitung liegt, welche gefährdet werden kann, so lässt man die Schienenverbindung ganz weg.

Die geschilderten Bestandteile und Anbringensmethoden eignen sich für Betriebsspannungen bis 1000 Volt bei Gleichstrom sehr gut. Sie werden praktisch angewendet bei längeren Lokalbahnlinien bis 750 Volt, bei Strassenbahnen bis 550 Volt, bei Grubenbahnen, bei denen eine Berührung des blanken Fahrdrahtes seitens der Mannschaft nicht ausgeschlossen ist, bis 350 Volt. Ist die Berührung des Fahrdrahtes seitens passierender Arbeiter nicht ganz ausgeschlossen, so kommt eine Be-

schränkung der Spannung auf 200 Volt und die Vorschrift einer seitlichen Verschalung des Fahrdrahtes vor.

In Gruben mit Sicherheitsgeleucht sind elektrische Bahnen mit Stromzuführung nicht gestattet.

6. Die Stromabnahme.

Einer der wichtigsten Teile der Systeme der elektrischen Bahnen ist der Stromabnehmer, und es ist erklärlich, dass unzählige Konstruktionen desselben entworfen worden sind.

Ohne auf die ersten Versuche des rollenden Kontaktwägelchens, welches übrigens in neuerer Zeit wieder für Elektromobilverkehr in Aufnahme kam, einzugehen, und ohne der Gleitbolzen in Schlitzrohren (Siemens) mehr als Erwähnung tun zu wollen, mögen im folgenden die wichtigsten Arten der modernen Stromabnehmer behandelt werden.

Der Zweck des Stromabnehmers ist, von der Hochleitung den Strom dem Motor im Fahrzeug zuzuführen und dabei trotz der verschiedenen Lagen des Fahrdrahtes oberhalb des Gleises, trotz der Schwingungen des Fahrzeuges, Abnehmers und Fahrdrahtes und trotz der Fahrgeschwindigkeit eine entsprechende Verlässlichkeit in der Berührung zu erzielen, ohne Vorrichtungen anwenden zu müssen, welche eine zu starke Reibung am Fahrdraht oder ein Klemmen und Zerren desselben bewirken und daher mechanische Beschädigungen hervorrufen könnten. Das wesentlichste Stück des Stromabnehmers ist also dasjenige, welches den Kontakt direkt bildet, wobei mit Rücksicht auf die Fahrgeschwindigkeit und auf die steten Schwankungen keinerlei bekannte Kontaktvermittler anwendbar und hinsichtlich der Dimensionierung massgebend sein können. Da dieses Kontaktstück während der Bewegung des Fahrzeuges an dem Fahrdraht stets Kontakt geben muss, so muss es sich gleichfalls an dem letzteren entlang bewegen, was durch Rollen, Gleiten und durch eine Verbindung dieser beiden Bewegungen bewirkt werden kann.

Man findet demnach, abgesehen von den veralteten löffelförmigen Gleitkontakten, Stromabnehmer, bei welchen eine Metallrolle mit Nut an dem Fahrdraht abrollt (Trolley), dann solche, bei denen eine horizontale, senkrecht zur Drahtaxe gestellte, etwas gebogene Stange dem Draht entlang gleitet (Gleitbügel), und endlich solche, bei welchen die Stange des Gleitbügels durch eine nutlose Walze ersetzt ist (Walzenabnehmer).

Wenn der Stromabnehmer seinen Zweck ganz erfüllen soll, so muss auch darauf Rücksicht genommen werden, in welcher Weise er dauernd in Kontakt mit dem Fahrdraht gehalten wird. Dies geschieht

durchwegs dadurch, dass das eigentliche Kontaktstück an einem entsprechend langen Arm befestigt ist, der vom Fahrzeug oben oder seitlich herausragt und mittels starker Federn immer möglichst in jene Lage gebracht wird, in welcher das Kontaktstück gut und gleichmässig an die Fahrdrahtleitung gedrückt wird.

Der Stromabnehmer mit Laufrolle (Trolley, Fig. 154) besteht daher aus einer Rolle aus Messing oder Rotguss, welche eine tiefe Nut am Umfang besitzt und entweder voll oder hohl, zwischen Spitzen oder auf Zapfen läuft, denen in geeigneter Weise ein Schmiermaterial (Graphit) zugeführt wird. Die Spitzen oder die Zapfen finden ihre Lagerung in einer Rollengabel. Wenn durch Rolle und Gabel kein genügender Kontakt zur Stromableitung bewirkt wird, so wird an die Rolle noch ein weiteres zylindrisches Stück geschraubt, an welchem ein Schleifkontakt gleitet. Das Ganze bildet das obere Ende eines langen Stabes aus Eisenrohr, in welchem, falls erforderlich, ein an den erwähnten Kontakt anschliessendes Kabel zum Wagendach führt.

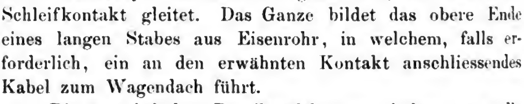


Fig. 154. Kontaktrolle.

Die mannigfachen Detailausführungen haben stets alle den gleichen Zweck. Man findet eine systematische Zusammenstellung in der Z. f. E. 1897 von P. Poschenrieder.

Wenn nun z. B. eine Laufrolle (Trolley) als Kontaktstück verwendet wird, so muss diese immer so laufen, dass der Fahrdraht von ihr genügend berührt wird, in welcher Lage auch der letztere zur Gleismitte sich befindet. Nun kann aber die Fahrleitung in Kurven nur angenähert dem Gleise angepasst werden und bildet in diesen nur ein an möglichst vielen Punkten mit der Gleisaxe zusammenfallendes Polygon; deshalb muss der Träger der Rolle auf dem Dache des Fahrzeuges um eine vertikale Axe drehbar montiert sein. Weiter macht es einige Umstände, die Rolle, welche sich auf Zapfen in ihrem Hälter sehr rasch dreht, zu schmieren, da durch das letztere der gute Kontakt mit den Lagerungsstücken, welche die Fortleitung des Stromes bewirken, nicht beeinträchtigt werden darf.

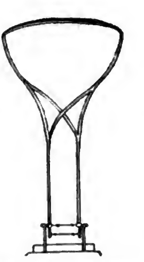
Wenn der Grund der Rille eines Rädchens unterbrochen ist, derart, dass derselbe wie aus einem Kranz von Stegen gebildet erscheint, so kann ein solches Rädchen als Eisrolle dienen, um den Fahrdraht von Eis zu befreien.

Die Uebelstände, welche bei der Anwendung der Fahrrolle auftreten können, haben Anlass gegeben, eine andere Art der Kontaktbildung anzuwenden, welche sich sehr gut bewährt hat und jetzt ausserordentlich häufig angewendet wird. Es ist die Stromabnahme mittels gleitenden Kontaktbügels (Fig. 155). Es ist das ein Stück

starken Drahtes, welches entweder gerade geformt oder sanft gebogen unterhalb oder seitlich des Fahrdrahtes sich befindet und durch einen geeigneten Träger aus Gasrohren an den Fahrdraht gedrückt wird. Um der Abnutzung des Fahrdrahtes und des Schleifstückes zu begegnen, ist das letztere mit einer Hülle aus weichem Metall umgeben, z. B. Aluminium, oder auch aus einem solchen, dessen Dämpfe wenig leitend sind, um bei Funkenbildung das Weiterziehen der Funken zu vermeiden (z. B. eine Legierung von Zinn und Antimon).

Dieser Stromabnehmer hat viele Vorteile:

Zunächst braucht der Fahrdraht nicht so genau oberhalb der Mitte des Gleises zu liegen, da der Schleifbügel eine Länge von $^3/_4$—1 m haben kann, demnach die Hälfte dieser Länge als Abweichung des Fahrdrahtes gestattet, ohne Kontakt zu verlieren; deshalb braucht man beim Schleifbügel weniger Spanndrähte, Maste und Rosetten, wie bei der Fahrrolle, und es kann auch die drehbare Anordnung an der Wagendecke vermieden werden.


Fig. 155. Schleifbügel.

Der Schleifbügel gestattet ein kräftigeres Aufhängen, event. Verschraubungen des Fahrdrahtes, da nur dessen untere Kante frei zu sein braucht, während die Fahrrolle den Fahrdraht zum Teil auch seitlich umfasst, deshalb Klemmen- bezw. Schraubverbindungen verbietet, da durch diese die Rolle leicht vom Fahrdraht abgelenkt wird, und insbesondere bei Kurven Schläge und Funken entstehen, was der Schleifbügel fast gänzlich ausschliesst.

Der Schleifbügel schont zufolge des Ueberzuges aus weichem Metall sowohl sehr den Fahrdraht, als auch wird er selbst sehr geschont; ferner braucht er keinerlei Schmierung und keine Weiterleitungskontakte.

Bei mehreren Leitungen, wie dies besonders in neuerer Zeit bei der Anwendung von hochgespanntem Drehstrom zu Bahnzwecken vorkommt, scheint der Schleifbügel die einzig zweckmässige Anordnung zu sein, und es wurden daher solche Stromabnehmer für die Versuchsbahn zur Ermittelung der Bedingungen für elektrischen Schnellverkehr auf Vollbahnen ausgeführt, worüber Spängler in der Z. d. Oe. J. u. A.-V. 1902 H. 3 u. 4 lehrreich berichtet (l. C. S. 55, Fig. 17 und 59, Fig. 22).

Der eigentliche Schleifbügel ist in geeigneter Form und Weise an einem Gestell aus Gasrohren befestigt, welches am anderen Ende mit dem Wagendach verbunden ist.

Es lag nun nahe, diese beiden Systeme (Rolle und Gleitbügel) zu vereinigen, und man konstruierte den Walzenstromabnehmer (Fig. 156).

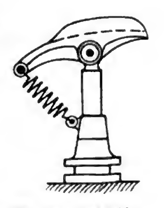
indem man gleichsam die Rolle axial verlängerte und ihr auch dann die Form des gebogenen Bügels gab (Fig. 157).

Diese Walze vereinigt tatsächlich die guten Eigenschaften von Rolle und Bügel und verdient besonders im Bergwerk Beachtnng, wo die Fahrrolle wegen der stärkeren Krümmungen nicht vorteilhaft ist. während der feste Schleifdraht wegen der geringen gegenseitigen Federung stärker abgenützt wird.

In Hüttenbetrieben ist auch noch eine vierte Art von Stromabnahme in Gebrauch, nämlich Stromabnahme mit federnd aufgesetzten Gleitbacken. Die Stromabnehmer haben die Form von Mulden und finden mit Vorteil Anwendung, wenn aus Gründen der Leitungsanlage oder der starken Krümmungen des Gleises die Stromzuführung mittels gebogener, oberhalb des Gleises aufgehängter Schienen erfolgt. (Fig. 158.) Bei Trambahnen ist diese Art der Stromabnehmer veraltet. Die Mulden müssen natürlich sowohl vertikal federn, als auch axial drehbar sein, sind daher auch geeignet, wenn es sich um mehrere Stromabnehmer handelt, etwa bei Drehstrom, oder wenn die Aufgabe vorliegt, die Geschwindigkeit des Fahrwagens von einem feststehenden Punkte aus zu regulieren, wie dies bei Transportwagen im Hüttenbetrieb vorkommt.


Fig. 156. Abnehmerwalze.


Fig. 157. Gewölbte Stromabnehmerwalze.


Fig. 158. Gleitmulde.

Mehrere Leitungen werden mit Vorteil über einander angebracht, weil hierbei der Durchhang der Fahrdrähte keine Störung machen kann, und es ist dann der Gleitbügel allein möglich. Die vertikale Anordnung ist auch notwendig, damit die in der neuesten Zeit auch mit Hochspannung betriebenen Leitungen unten einen guten Schutz gegen das Herabfallen bekommen können, was durch ein Schutnetz geschieht. Hierbei kommt auch eine Anordnung der Gleitbügel vor, welche die Drähte von oben berühren.

Zwischen dem Stromabnehmer und dem Fuhrwerk vermittelt nun ein weiterer Bestandteil die mechanische und elektrische Verbindung und das Bilden eines guten Kontaktes, und zwar die Aufrichtevorrichtung. Dieser Teil ist in ganz verschiedenartigen Ausführungen zu finden; zumeist werden die aus Eisenrohr bestehenden Arme an ihrem unteren Ende, oder wenn aus mehreren Teilen bestehend, zwischen diesen durch Federn derart zu bewegen gesucht, dass sie die vertikale Stellung einzunehmen trachten. Eine Federung der

ersteren Art zeigt Fig. 159 (Ges. Str.B.-B.); die letztere Art ist im Kontaktparallelogramm der Grubenlokomotiven entweder einfach für eine Rolle oder doppelt für eine Walze (Grubenlokomotive Union) ausgebildet. An der Trolleystange bringt man häufig ein Cycloidsegment an, dessen einzelne Punkte für die Federkraft verschiedene Hebelarme bieten, je nachdem der Arm steil oder geneigt liegt, um stets möglichst gleichen Vertikaldruck an dem Fahrdraht zu erzielen. Die Drehbarkeit dieser Vorrichtung in horizontaler Ebene ist deshalb geboten, weil die Stange für das Vorwärts- und Rückwärtsfahren und bei Krümmungen verschiedene Stellungen gegen den Wagen einnehmen muss.



Fig. 159. Aufrichte-Vorrichtung.

Diese Drehbarkeit entfällt bei dem Bügelabnehmer, und derselbe ist daher auch nur mit zwei festen Federn, eine für die Vorwärtsfahrt, eine für die Rückwärtsfahrt, versehen. Die Wirkung des Parallelogrammes ist aus der Figur ohne weiteres zu erkennen.

Die Stromüberleitung zu den als Rückleitung benützten Schienen wird durch die Räder des Wagens bewirkt.

7. Motoren und Schalter.

Im Fahrzeug selbst befinden sich nun der oder die Motoren, die Verbindungsleitungen, die Widerstände und die Regulierungsvorrichtung (Fahrschalter, Kontroller). Diese sind derart angeordnet, dass man durch einfache Verstellung der Kurbel am Fahrschalter alle erforderlichen Verbindungen machen kann, durch welche Bewegung und Geschwindigkeitsregulierung bewirkt wird. Das Reversieren wird durch eine besondere Walze bewirkt (in Fig. 160 rechts), weil es nie in so kurzen Intervallen zu geschehen braucht, wie bei anderen Motoren, und das Vorhandensein dieser besonderen Reversierwalze kenn-

zeichnet auch den Schalter als „Fahrschalter“ gegenüber einem „Kranschalter“.

Wesentliche und vor allem anzustrebende Eigenschaften eines Bahnmotors sind zunächst geringes Gewicht, hohes Güteverhältnis, dann grosse Zugkraft, geringe Erwärmung, funkenloser Gang, grosse Betriebssicherheit, leichte Zugänglichkeit und leichte Ausbesserung von etwaigen Mängeln.

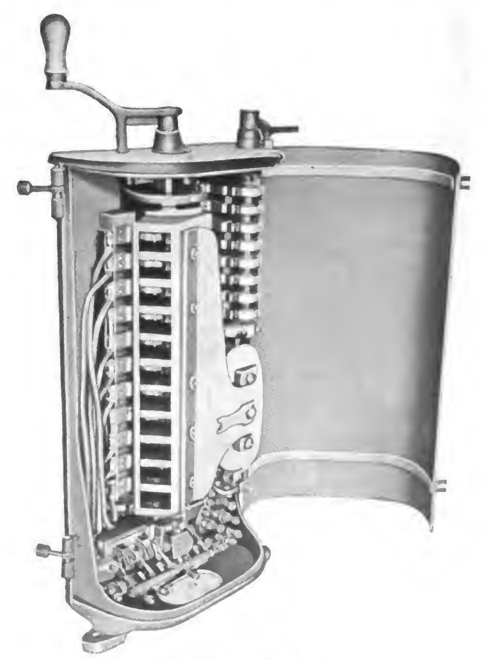


Fig. 160. Fahrschalter.

Die Motoren werden in allen ihren Teilen relativ hoch beansprucht, also muss das beste Material für sie gewählt werden; Gussstahl und beste Sorten Eisenblech dienen für das Gestell und den Anker. Das Maximum des Güteverhältnisses wird bei etwa $^1/_2$—$^2/_3$ Vollbelastung zu erreichen sein, da innerhalb dieser Leistungen der Motor zumeist im Betrieb ist. Der Motor soll übrigens auch um 20—25 % leicht über-

lastbar sein und dabei stets funkenlos arbeiten. Die Luftspalte zwischen Anker und Magneten werden grösser gewählt, um gegen mechanische Zerstörung einen gewissen Schutz zu haben, daher müssen auch die Magnete stärker erregt werden; trotzdem muss aber die Erwärmung innerhalb geringer Werte bleiben.

Kein Motor hat eine so wenig sorgfältige Behandlung auszuhalten und muss so vielen ungünstigen Betriebsverhältnissen gewachsen sein, als der Traktionsmotor. Er muss hastig angelassen und rasch gebremst werden, alle Erschütterungen aushalten und gegen Staub und Schmutz geschützt sein. Insbesondere die beim Bremsen auftretende hohe Spannung erfordert eine vorzügliche Isolation der Wickelungen.

Die Gehäuse der Motoren werden aus zwei Teilen hergestellt, von denen der eine im Charnier aufklappbar ist und das Innere ohne Schwierigkeit zugänglich macht. Für die Bürsten ist ausserdem noch eine besondere Bedienungsöffnung vorzusehen. Zur leichten Ausbesserung der Ankerwickelung wird diese in Schablonen hergestellt und so auf dem Anker angebracht, dass jede Wickelung ausgewechselt werden kann, ohne von der anderen behindert zu werden.

Es werden zumeist zwei Motoren angewendet, bei grossen Fahrzeugen auch mehr. Diese sind bei Gleichstrom fast ausschliesslich Hauptstrommotoren, weil für den Traktionsbetrieb die wichtigsten Eigenschaften dieser Art von Motoren am besten zur Geltung kommen, nämlich das grosse Drehmoment beim Anfahren und die Einstellung der Geschwindigkeit nach der Leistung.

Diese letztere Eigenschaft des Hauptstrommotors würde es bedingen, dass für jede Leistung eigentlich eine ganz bestimmte Geschwindigkeit eintreten sollte, bei welcher auch das Güteverhältnis des Motors am grössten ist. Da man nun aber zumeist innerhalb weiter Grenzen eine Regulierbarkeit der Geschwindigkeit braucht, so wählt man zwei Motoren, durch deren verschiedene Schaltungen man zahlreiche Abstufungen erzielen kann, und welche überdies grosse Reserve bieten und gestatten, dass zwei Motorachsen angetrieben werden, wodurch wieder die Verteilung der Last und die Ausnützung derselben bei der Zugarbeit eine günstigere wird. Lokomotivmotoren werden in Grössen von 4 PS. an für bis 700 Volt und für Touren von 400—720 gebaut. Sie sind für Fuhrwerke mit 460 mm bis normaler Spurweite gebräuchlich und werden mit nur einer Zahnradübersetzung ausgeführt und federnd aufgehängt, wie Fig. 161 zeigt. Von der Anwendung mehrerer Zahnradantriebe und von Schneckentrieben ist man abgekommen, seit man Motoren baut, welche geringere Normalumdrehungszahlen haben.

Bei der Anordnung der Schaltungen sind folgende Betrachtungen massgebend:

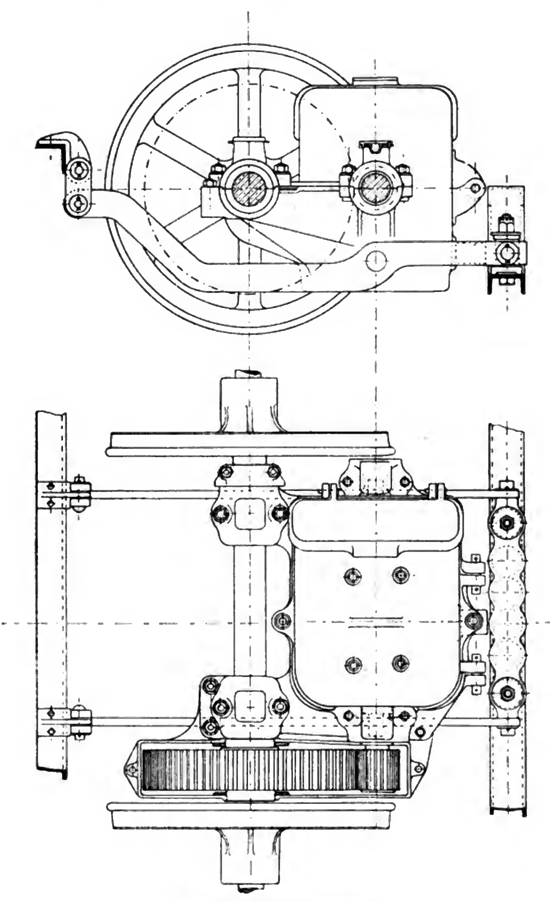


Fig. 161. Motor-Aufhängung.

Der einzelne Motor erhält beim Einschalten des Stromes ein bedeutendes Drehmoment, welches vom Strom (Resultat der Leitungsspannung und des Motorwiderstandes) abhängt; er erhält das halbe

Drehmoment, wenn ihm nur die halbe Spannung zugeführt wird. Im ganzen bleibt doch das frühere Anzugsmoment erhalten, wenn man diese Halbierung der Spannung durch Hintereinanderschalten zweier Motoren bewirkt. Diese Anzugskraft ist einerseits meist noch zu gross, um ein stossfreies Anfahren zu ermöglichen, anderseits bewirkt das Einschalten noch einen bedeutenden Stromstoss; deshalb schaltet man noch regulierbaren Widerstand vor und verändert die Kombinationen bis man endlich die Motoren parallel geschaltet hat, wo sie grösste Geschwindigkeit und grösste Zugkraft entwickeln.

Die Regulierung geschieht mit Hilfe des oben erwähnten Fahrschalters (Kontroller), welcher (Fig. 160) aus einem eisernen Kasten besteht, in welchem mit Hilfe einer Walze mit Kontaktlamellen die erforderlichen Verbindungen bewirkt werden. Die für das Fahren auf Bahnen geeigneten Fahrschalter haben ausser der einen Kontaktwalze noch eine kurze zweite die (Reversier-) Umkehrwalze, welche mit einem besonderen Handgriff versehen ist und nur dann betätigt werden kann, wenn durch das Umschalten keine unrichtige Stromverbindung bewirkt wird. Deshalb sind die beiden Walzen durch einen in ein Rad eingreifenden Zahn voneinander derart abhängig gemacht, dass im allgemeinen die Bewegung der Umkehrwalze gehemmt und nur in einer Stellung freigegeben ist. Die Trennung der Umschaltung von der übrigen Schaltung erfolgt bei Traktion mit Vorteil auf diese Weise, weil die Bewegungsrichtung in der Regel auf längere Dauer die gleiche bleibt. Bei Kranen, wo diese Bewegungsrichtung viel rascher sich ändert, wird alles in einer Kontaktwalze vereint, welche daher auch die Umschaltung für die Rückbewegungen besorgen muss.

Da unter Umständen grosse Stromstärken zum Ausschalten kommen, muss man für Beseitigung der auftretenden Funken Sorge tragen, und dies geschieht durch eine magnetische Funkenlöschung. Zu diesem Zwecke wird der Strom zuerst um einen Eisenkern geführt, welcher flügelförmige Fortsätze trägt, die sich beim Schliessen der Vorderwand des Schalters zwischen die Kontakte hineinschieben, so dass sie gleichsam Zwischenwände bilden, natürlich ohne die Kontakte zu berühren. Der Eisenkern wird immer vom Strom umflossen, und es zirkuliert daher immer zwischen den flügelförmigen Fortsätzen ein magnetischer Kraftlinienfluss. Wenn sich zwischen zwei Lamellen nun ein Unterbrechungsfunke bildet, so wird derselbe durch diese die Funkenbahn schneidenden Kraftlinien ausgeblasen.

Die Zahl der Kontakte an der Umkehrwalze richtet sich nach der Zahl der Motoren, jene an der Kontaktwalze nach den Kombinationen der Widerstände und Motoren.

An dem Kontroller ist aussen am Deckel eine Skala angebracht,

auf welcher die Kurbel der Kontaktwalze verschiedene Stellungen wie als Zeiger bezeichnen kann, welche bewirken, dass die Kontaktwalze die verschiedenen Kombinationen von Motoren und Widerständen ausführt. Das Anfahren wird mit ermässigter Zugkraft durch Hintereinanderschalten der beiden Motoren und aller Widerstände bewirkt, weil das Drehmoment eines Motors mit voller Spannung zu heftig ist und daher einen Stoss beim Anfahren gibt und eine starke Strombelastung des Motors verursacht. Weiter werden zur Erhöhung der Geschwindigkeit die Widerstände nach und nach abgeschaltet, bis nur mehr die Motoren allein arbeiten. Dann wird ein Motor abgeschaltet, aber anfänglich durch einen Teil der Widerstände ersetzt, wodurch die



Fig. 162. Motor von Kolben & Co., geschlossen.

Geschwindigkeit wieder steigt, weiter werden beide Motoren parallel miteinander in Hintereinanderschaltung zu den Widerständen gebraucht, wodurch die Leistung bei gleichbleibender Geschwindigkeit erhöht wird, und endlich arbeiten nur mehr die beiden parallel geschalteten Motoren, bei denen sogar noch die Erregung des Feldes beeinflusst werden kann, um die Geschwindigkeit zu erhöhen.

Bei der Bremsung werden Widerstände vorgeschaltet und endlich ein Ausschalten des Stromes in den Ankern der Motoren bewirkt. Die Kontroller werden für 250 Volt bis 80 PS und für 500 Volt bis 120 PS gebaut.

Diese Widerstände werden für Traktionszwecke nur mehr selten aus Drahtlocken angefertigt, weil diese durch das Schwingen der Fahr-

zeuge zu Kurzschlüssen Anlass geben. Man verwendet vielmehr meist Streifen aus Drahtnetz oder Blech in entsprechendem Querschnitt und geeigneter Form, von welchem die einzelnen Stücke, welche bei grösseren Dimensionen auch aus Gusseisen hergestellt sein können, unter Anwendung von unverbrennlichen Zwischenlagen in einem Kasten, welcher mit Lochblech umgeben ist, ohne Luftzwischenraum aufeinander gelegt werden. Auf diese Weise erreicht man den denkbar geringsten Raum für die Widerstände, was bei der meist auftretenden Beschränkung desselben von Wichtigkeit ist.

Die Motoren zeichnen sich durch gedrängten, leichten Bau, relativ hohe Beanspruchung der einzelnen Teile in elektrischem Sinne, grosse Kollektoren, funkenfreie Kohlenbürsten und staubdichte Kapselung aus. (Fig. 162, Kolben & Co., Prag und 163 Union.) Sie sind zum Zwecke der Revision leicht zu öffnen. Das Gehäuse für den Zahnradantrieb ist meist gleich angegossen.

Fig. 163. Motor Union, geöffnet.

Um zu beweisen, dass auch auf Lokomotiven grössere Leistungen elektrisch bewältigt werden können, dienen Fig. 164 (Thomson Houston-Motor von 130 PS.) und Fig. 165, welche ein Lokomotivenuntergestell der Baltimore und Ohioeisenbahn von 1600 PS. mit direkt gekuppelten Elektromotoren darstellen.

8. Ausgeführte Lokomotiven.

Die Anordnung und der Aufbau einiger Motorwagen bezw. Lokomotiven, auch Grubenlokomotiven, zeigen die folgenden Figuren:

Figur 166 zeigt eine elektrische Lokomotive der A. E.-G. für Normalspur, mit zwei Achsen, zwei Motoren von je 200 PS. bei 500 Volt für Oberleitung mit einer Geschwindigkeit von 50 km pro Stunde. Man sieht schon aus dieser Skizze, in wie unvergleichlich besserer, sicherer und dabei bequemerer Weise der Lokomotivführer hier seinen

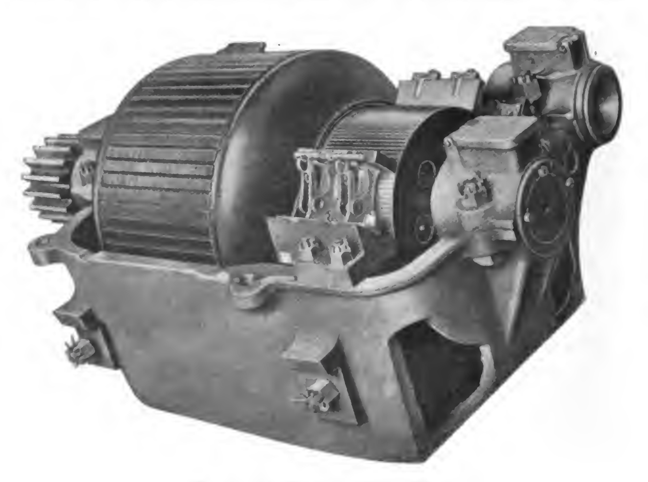


Fig. 164. 130 PS.-Motor. Thomson-Houston.

Arbeiten obliegen kann, als bei Dampflokomotiven. Die Motoren sind unter der Plattform des Vehikels angebracht, der mit Fenstern versehene Aufbau enthält nur den Führerstand und die Kontroller. Die Räume vor und hinter dem Führerstand dienen zur Aufnahme von Akkumulatoren. Wenn diese allein zum Betrieb verwendet werden, entfallen die Gleitbügel. Bei Lokomotiven mit Stromzuführung können die erwähnten Räume mit Ballastgewicht ausgefüllt und so zur Erhöhung des Adhäsionsgewichtes herangezogen werden.

Solche Lokomotiven haben einen normalen Radstand von 2,5 m und ein Betriebsgewicht von 7200—13000 kg, wobei sie Leistungen

von 25—150 PS. ausüben können. Hierbei kann die kleinste Type bei der Normalleistung der Motoren von 225 kg Zugkraft eine Geschwindigkeit von 28 km pro Stunde erzielen, während die grösste Type bei 3400 kg Zugkraft mit 9 km fährt.

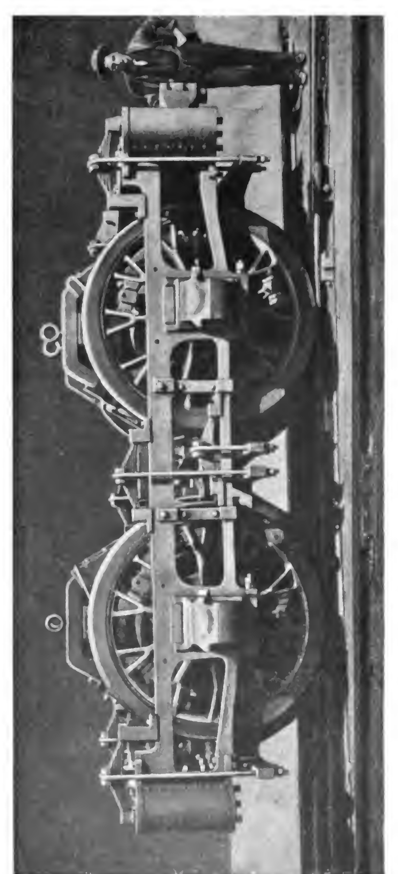


Fig. 165. Lokomotiv-Untergestell.

Figur 167 ist eine Transport-Lokomotive für Schmalspur der A. E.-G. Diese Maschinen werden mit einem oder zwei Motoren für 110 bis 500 Volt Spannung gebaut und die Spurweite schwankt von der kleinsten mit 450 mm bei einer Leistung von 8 PS., 170 kg Zugkraft und 12 km pro Stunde Fahrgeschwindigkeit bis 1000 mm bei 70 PS. 1230 kg Zugkraft und 15 km Geschwindigkeit. Der Radstand der kleinen Maschinen ist 1000 mm, der der grossen 1600, das Betriebs-Gewicht 3000—10000 kg. Die Motoren liegen zwischen den Achsen. Handelt es sich um die Verkleinerung des Radstandes wegen des kleinen Halbmessers der zu durchfahrenden Kurven, so kann man einen Motor ausserhalb der Achsen anbringen. Mit der ersteren Anordnung laufen die Maschinen bei weitem ruhiger, weil das Gewicht der Motoren besser ausbalanziert werden kann.

Eine kleine Lokomotive für Normalspur zeigt Fig. 168. Dieselbe hat nur einen Motor von 18 PS. bei 220 Volt und daher gekuppelte Achsen; sie fährt mit 5 km pro Stunde.

Kleine Grubenlokomotiven für 3—10 PS und bis 8 km pro Stunde sind früher oft so konstruiert worden, dass der Führersitz an einer

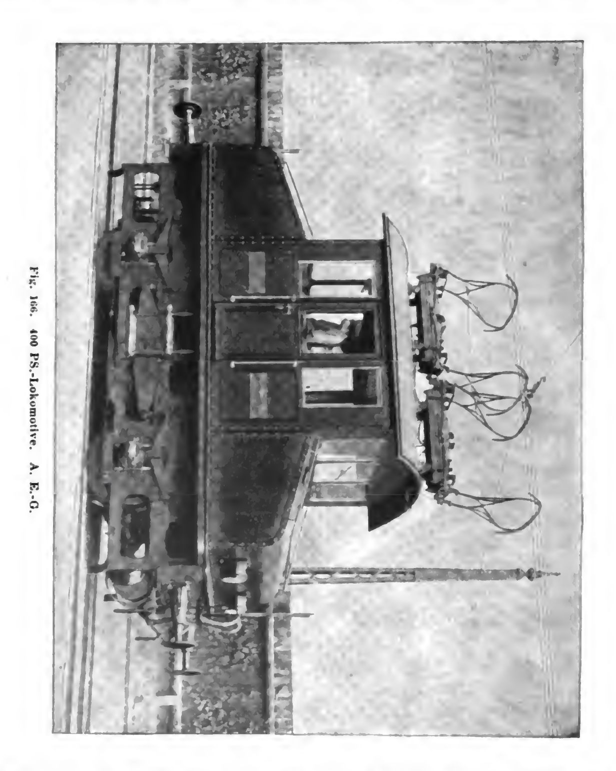


Fig. 166. 400 PS.-Lokomotive. A. E.-G.

Stirnseite als Reitbank ausgeführt war; deshalb war das Rückwärtsfahren nicht gut durchzuführen, weil der Führer den Kopf immer umwenden musste, um die Strecke zu überblicken.

Für Grubenzwecke weitaus günstiger ist die Anordnung, welche die Union ihren Grubenlokomotiven gibt, wie eine solche in Fig. 169 und

170 dargestellt ist. Vor allem ist die Maschine sehr kompendiös, indem statt schmiedeeiserner Wagenkonstruktion die Herstellung des Wagens aus zwei in der Längsaxe geteilten gusseisernen Schilden erfolgte, welche seitlich nur Schraubenköpfe und die Achslager vorstehen lassen. Der Führersitz ist vorne, jedoch sitzt der Führer seitlich mit dem Ge-

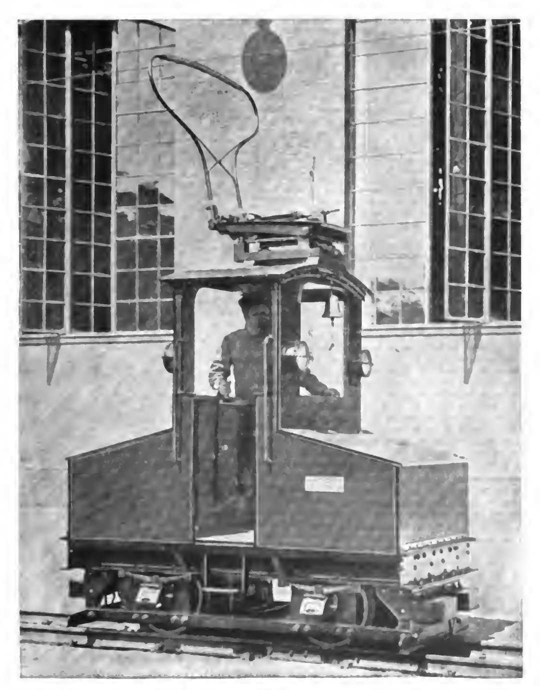


Fig. 167. 8 PS.-Lokomotive für Transportzwecke. A. E.-G.

sicht nach Innen, so dass er über die Lokomotive nach hinten hinübersehen kann; deshalb kann er auch leicht vor- oder rückwärts fahren. Handlich vor ihm angebracht sind Ausschalter, Sicherungen und Bremskurbel, während der Kontroller auf dem geschlossenen Wagenkasten liegt, so dass seine Kurbel vom Führer leicht mit der linken Hand bedient

werden kann. Ganz hinten ist das Stromabnahme-Parallelogramm in doppelter Ausführung mit Kontaktwalze aufgebaut.

Der geschlossene Teil enthält die beiden Motoren und die Widerstände derart verteilt, dass sie dem Vorderteil und dem Gewicht des Führers die Wage halten.

Solche Maschinen werden mit Motoren von 4—24 PS. versehen und arbeiten ganz vorzüglich.



Fig. 168. 18 PS.-Lokomotive für Normalspur. A. E.-G.

Einen Nachteil gegenüber der Konstruktion der Union haben die in Fig. 171 und 172 abgebildeten Lokomotiven der A. E.-G., indem sie eine Abnahmerolle besitzen. Sonst aber hat die letztere Maschine den Vorzug, dass an ihren Flanken nichts, auch nicht einmal der kleinste Schraubenkopf, vorsteht, was beim Betrieb in dem räumlich beschränkten Stollen hinsichtlich der Sicherheit des Personals sehr willkommen ist, und dass auch die obere Fläche ganz frei geblieben ist, wodurch man in der

Lage ist, daselbst kleinere Gegenstände, Messinstrumente u. s. w. zu transportieren, die sonst gefährdet wären.

Die Unmöglichkeit, die Trolleystange so lang, so biegsam und so leicht drehbar anzubringen, um bei der geringen Höhe des Fahrdrahtes



Fig. 169. Grubenlokomotive. Union.

oberhalb der Schienenoberkante und bei den im Bergbau oft vorkommenden scharfen Kurven ein Herausspringen des Trolleyrädchens zu beseitigen, würde auf die Anwendung des Schleifbügels als Stromabnehmer hinweisen, wie er an der Grubenlokomotive (Fig. 173) an-

gewandt erscheint (A. E.-G.). Jedoch darf nicht vergessen werden, dass dies nur in hohen Stollen möglich ist, denn in niedrigen Stollen (unter 2,5 m) muss der Fahrdraht, um eine zufällige Berührung seitens eines von einem Arbeiter getragenen Werkzeuges zu vermeiden, selbst dann seitlich verschalt werden, wenn die Betriebsspannung der Bahn unter 200 Volt liegt, wodurch natürlich der Bügel unmöglich wird.

Maschinentechnisch gut durchgebildet, betriebstechnisch wegen des hohen, den Ausblick nach hinten verhindernden Aufbaus für den Motor

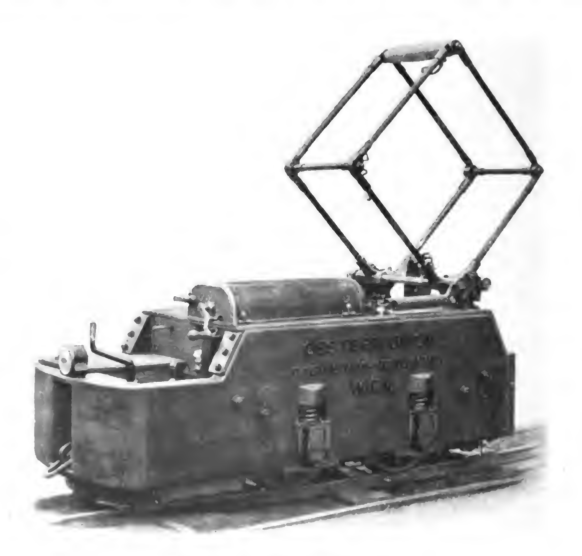


Fig. 170. Grubenlokomotive. Union.

minder günstig ist die Grubenlokomotive (Fig. 174) der Vereinigten Elekt.-Ges. Wien. Ihre Spurweite ist 500 mm, der Motor leistet bei 750 Touren 9 PS. und die Geschwindigkeit der Lokomotive ist 12 km pro Stunde.

Die Figur stellt eine Grubenlokomotive dar, welche 760 mm Spurweite hat und mit zwei Motoren à 12 PS versehen ist. Sie kann die Gesamtleistung von 24 PS. bei einer Geschwindigkeit von 12 km pro Stunde liefern.

Der Führer sitzt hier in einem gedeckten Vorbau, welcher den Stromabnehmer trägt. Letzterer kommt auch in doppelter Ausführung vor, und es ist dann ein doppelarmiger Federhebel angewendet, welcher bei allen Schwankungen und Schwingungen von Lokomotive und Fahrdraht mindestens eine Kontaktstelle geschlossen erhalten soll. Diese



Fig. 171. Grubenlokomotive. A. E.-G.

Konstruktion wird voraussichtlich die Vorläuferin derjenigen sein, welche vielleicht auch in Gruben mit Sicherheitsgeleuchte elektrische Bahnen mit Oberleitung als ungefährlich und zulässig erscheinen lassen wird.

Diese Lokomotiven werden nur mit zwei Motoren gebaut und haben 8—100 PS. Leistungsfähigkeit. Die Betriebsspannung ist bei

den kleineren (bis 25 PS.) 110, 220 und 500 Volt, bei den grösseren 500 Volt. Die Zugkraft ist im Minimum 170 kg, im Maximum 1230 kg, die Fahrgeschwindigkeit 12—15 km pro Stunde. Die Spurweite schwankt zwischen 450 und 1000 mm, der Radstand bei Anordnung der Motoren zwischen den Achsen von 1000—1600 mm. Das Betriebsgewicht der kleinsten Maschine dieser Type ist 2500 kg, das der grössten 10000 kg.

Eine Vereinigung mehrerer verschiedenartiger Stromabnehmer, Trolley, Bügel und Abnehmer für Unterleitung zeigt die Lastzug-



Fig. 172. Grubenlokomotive.

Lokomotive (Fig. 175) der Oestr. Union-E.-G. Sie kann einen Zug von 45 Tonnen Gewicht mit 18 km pro Stunde horizontal fördern und besitzt zwei Motoren à 40 PS. Ihr Gewicht ist 10 Tonnen, ihre Spurweite die normale.

Gleichfalls von der Oesterr. Union-E.-G. rührt eine äusserst kräftige elektrische Zahnrad-Lokomotive her. Sie besitzt zwei Nebenschlussmotoren à 100 PS. und kann auf der recht erheblichen Steigung von 250 ‰ einen Zug von 22 Tonnen Gewicht mit 7—8 km Geschwindigkeit fördern.

Die Anforderungen, welche man an solche Maschinen stellt, bezw. welchen sie gerecht werden, sind mit Rücksicht auf die ungünstigen Betriebsverhältnisse in den Gruben sehr bedeutende. Infolge der Drücke im Gestein kommen häufig kleinere und grössere Verschiebungen, Auf-



Fig. 173. Grubenlokomotive mit Schleifbügel. A. E.-G.

blähen der Sohle u. drgl. Lagenveränderungen im Stollen und an der Zimmerung vor, welche ein gründliches Umlegen des Gleises noch nicht tunlich erscheinen lassen, dasselbe jedoch zum Befahren schon etwas schlecht machen. Man darf daher den Zugskoeffizienten ζ einerseits nicht zu niedrig wählen, andererseits kommt hier die geringere

Geschwindigkeit und der deshalb auch geringere Luftwiderstand der Leistung zu gute.

Erfahrungsgemäss entspricht bei Schmalspur und gutem Zustand des Gleises und des Bahnmaterials $\zeta = 10$, bei schlechtem Zustand des Gleises aber $\zeta = 25—30$.

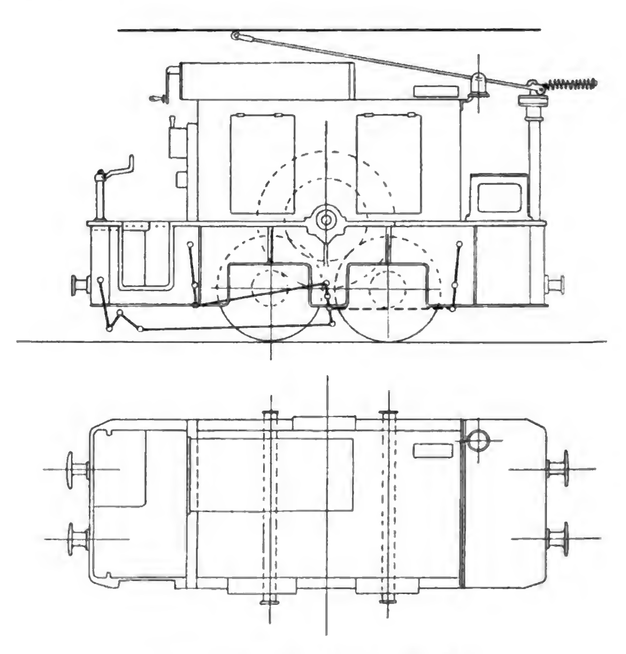


Fig. 174. Grubenlokomotive. Ver. El.-Ges., Wien.

Bei breiterer bis normaler Spur sinken diese Werte je nach dem Zustand des Gleises und des rollenden Materials, Achslager, Radspurkränze, Kurven u. drgl. für guten Zustand auf $\zeta = 5—7$,

für schlechten Zustand auf $\zeta = 10—15$ kg pro Tonne Zuggewicht inkl. des Betriebsgewichtes der Lokomotive.

Betriebsgewicht und Adhäsionsgewicht der Lokomotiven sind nur identisch, wenn alle Achsen angetrieben werden.

9. Betrieb.

Es wird bei dem Betriebe einer elektrischen Bahn sehr bald als Unzukömmlichkeit erkannt, dass dieselbe, insbesondere bei geringer Zahl von Strecken und Fahrzeugen eine sehr ungleichmässige Beanspruchung der gesamten Anlage ergibt. Es muss daher die maschinelle Anlage und die Stromerzeugungsstelle für den zu erwartenden grössten Ver-

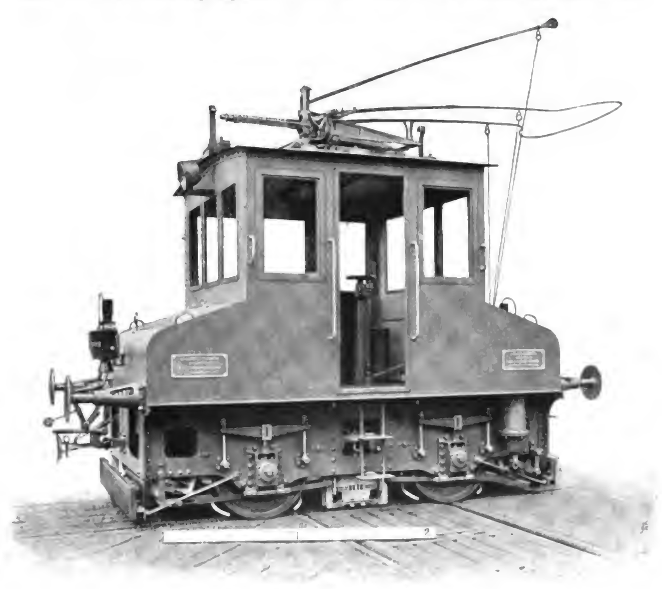


Fig. 175. Lastzuglokomotive. Union.

brauch bemessen sein, wird aber im Durchschnitt nicht günstig beansprucht, erscheint also für die Durchschnittsleistung als zu gross. Anderseits kann der grösste Kraftbedarf durch das Anfahren noch gesteigert werden, so dass, insbesondere, wenn mehrere Wagen gleichzeitig anfahren, die Anlage einen heftigen Stromstoss bekommt; hierunter leiden alle Teile bedeutend, und es wird auch die Gleichmässigkeit der Spannung und die Oekonomie des Betriebes erheblich geschädigt. Es war nun naheliegend, die Akkumulatoren dazu zu verwenden, um solche

Uebelstände abzuschaffen und es geschieht dies auch in grossem Massstabe. Eine Batterie, welche die Aufgabe hat, diejenigen Leistungs- bezw. Stromschwankungen auszugleichen, welche bei normalem Maschinenbetrieb in Bezug auf Mittelleistung auftreten, nennt man eine Pufferbatterie. Dieselbe hat also eigentlich in Summe keine Arbeit zu leisten, da sich die Stromaufnahme bei Stillstand mehrerer Motorwagen mit der Stromabgabe bei Anfahren ausgleichen soll. Man kann daher solche Batterien bei günstigem Fahrplan sehr klein wählen, bezw. ihnen eine sehr geringe Kapazität geben.

Es dürfte jedoch in allen Fällen zweckmässig sein, nicht eine reine Pufferbatterie, etwa mit Platten von sehr starker Entladfähigkeit, anzuwenden, sondern der Batterie wenigstens so viel Kapazität zu geben, dass sie den Strom für die Wagen in den ersten Morgenstunden und späten Abendstunden ohne Maschinenbetrieb zu leisten im stande ist, und auch zur Zeit des regulären Betriebes als Aushilfe dienen kann, wenn irgend etwas an der Maschinenanlage in Ordnung zu bringen sein sollte. Man vermeidet es daher auch, wie Fig. 176 zeigt, die Batterie mit Sicherungen zu versehen, gibt ihr aber an jedem Ende einen Zellenschalter, um bei der Nachladung die Möglichkeit zu haben, die sämtlichen Zellen auf gleichen Ladungszustand zu bringen.

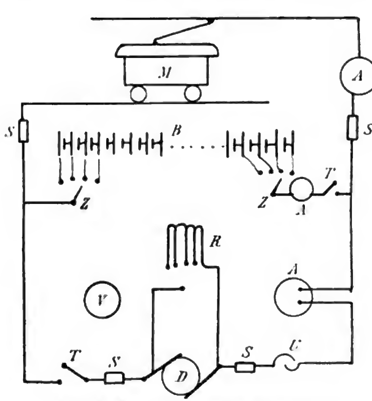


Fig. 176. Schaltungsschema der Pufferbatterie.

Die Zellenzahl einer solchen Batterie hängt, wie Illner dargelegt hat, von der Charakteristik der Dynamomaschinen ab, weil der Fall eintreten könnte, dass bei stärkerem Spannungsabfall in den Dynamos die Akkumulatoren weit mehr, als vorausgesehen, in Anspruch genommen werden. Deshalb ist es gleichfalls vorteilhaft die Batterie mit zwei Zellenschaltern zu versehen, um die für verschiedene Betriebsverhältnisse passenden Zahlen der Elemente, welche sich übrigens selbst bei einer und derselben Bahn ändern können, zu ermitteln.

Die Stromstärke und die Kapazität ergibt sich aus den Stromdiagrammen (Fig. 177, 178, nach Akkumulatorenfabrik A.G., 1896).

in welchem die schwache Schaulinie den Stromverbrauch einer Bahn nach der Zeit darstellt; die oberhalb der stark gezogenen Linie, der effek-

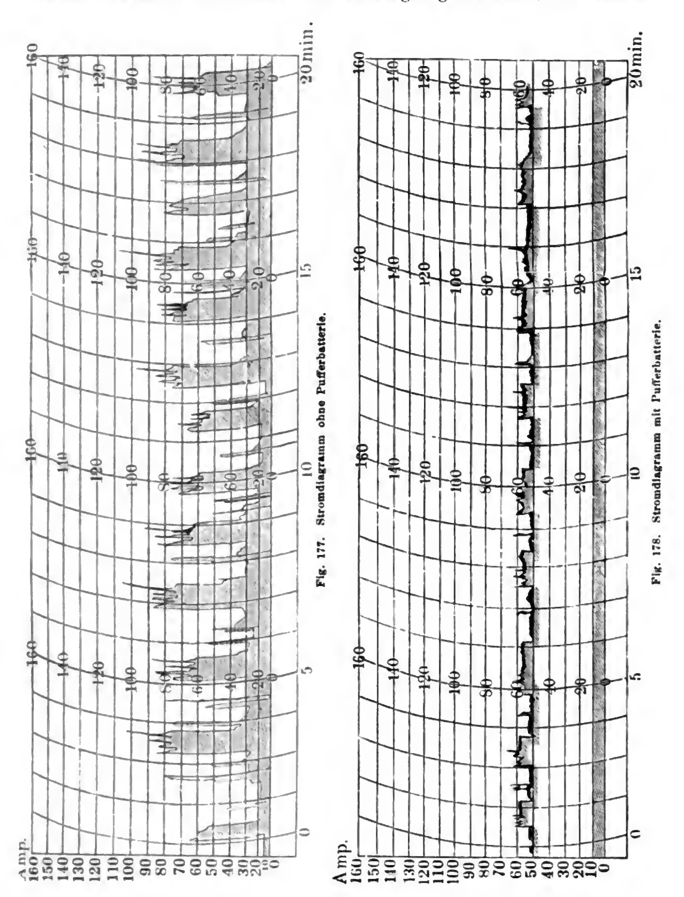


Fig. 177. Stromdiagramm ohne Pufferbatterie.

Fig. 178. Stromdiagramm mit Pufferbatterie.

tiven Maschinenleistung, gelegenen Flächenteile geben diejenige Leistung, welche von der Batterie zur Maschinenleistung hinzuzufügen

ist, um den Gesamtbedarf in jedem Augenblick zu decken, während die zwischen der Maschinenleistung und dem Gesamtbedarf unterhalb der ersteren Kurve gelegenen Flächen die Stromaufnahme der Batterie angeben.

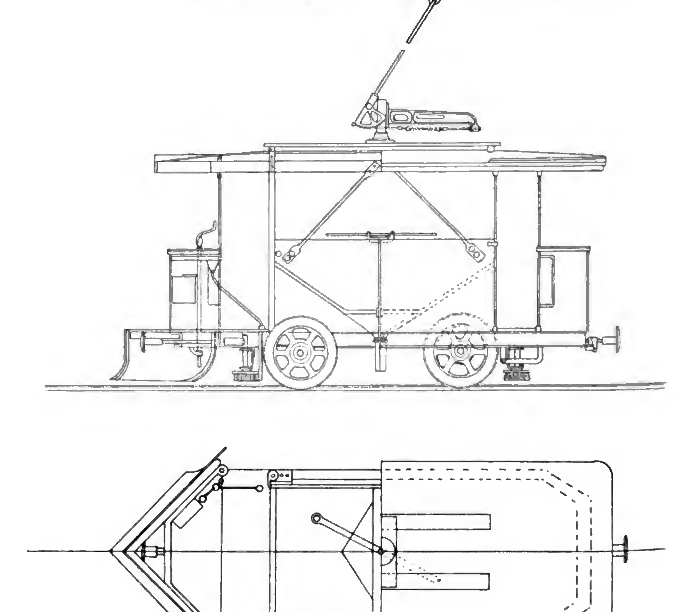


Fig. 179. Schneepflug.

Die Pufferbatterien scheinen sich gut zu bewähren, obwohl die früher für unerlässlich gehaltene Uebercompoundierung der Dynamos, durch welche die Spannung am Fahrzeug nahezu konstant erhalten wurde, nicht mehr angewendet werden kann, vielmehr jetzt die Spannung in der Kraftstation als konstant gelten muss. Die Motoren können eben auch bei etwas niedriger Spannung sehr rationell arbeiten. Ob nun gerade überall mit Pufferbatterien bedeutende Ersparungen an Strom-

kosten erzielt werden können, ist nicht von vornherein zu bestimmen; jedenfalls muss aber die Erzielung einer gleichmässigen Belastung und damit einer Schonung der maschinellen Anlage als ein Vorteil der Pufferbatterien gelten.

Bei grösserer Ausdehnung der Bahn und bei starker Verästelung werden Unterstationen disponiert, welche etwa Hochspannungsstrom, selbst Wechsel- oder Drehstrom empfangen und mit oder ohne Pufferbatterien Gleichstrom zum Bahnbetrieb erzeugen. In neuerer Zeit beginnt aber der hochgespannte Drehstrom in direkter Verwendung für Bahnwerke eine bedeutende Rolle zu spielen. Bei diesem wird (Berliner Versuchsbahn für Schnellbahnen) der Drehstrom mit 12000 Volt neben der Bahn hergeführt, wobei die Drähte unten geschützt sind, um bei Bruch nicht auf die Erde zu fallen. Von den 3 obereinander gelegenen Fahrdrähten wird der Strom mittelst dreier horizontal schwingender Bügel abgenommen, zu einem Transformator im Innern des Wagens geleitet und dort entsprechend transformiert, den Motoren zugeführt.

10. Verschiedene Fuhrwerke.

Wie früher gezeigt, kann man ausser gewöhnlichen Motorwagen, wie dieselben bei dem gewöhnlichen Tramwaybetrieb gebraucht werden, auch Lokomotiven für alle vorkommenden Zwecke bauen; man kann mit dem Fahrzeug auch andere, nicht rein lokomotorische Zwecke verbinden, z. B. die Säuberung der Fahrbahn durch einen Schneepflug (Fig. 179, Thomson), oder das Kehren einer Strasse vor und neben einem Gleise durch die Strassenkehrmaschine (Fig. 180). Solche Maschinen sind von der Thomson-Houston-Co. wiederholt mit Erfolg angewendet worden und sind im Betrieb verhältnismässig billig, sodass die Säuberung von 1 m^2 Strassenfläche wegen der Geschwindigkeit weitans billiger zu stehen kommt, als bei dem jetzt gebräuchlichen Verfahren.

Bei Grubenbahnen ist in der Regel die Geschwindigkeit nicht über $2^1/_2$ m pro Sekunde, die Förderung findet meist nach dem Gefälle des mit kleiner Neigung gegen das Stollenmundloch gelegten Stollens statt; daher fallen diese Grubenlokomotiven sehr klein aus, insbesondere weil auch zumeist Dach, Puffer u. dergl. entfallen.

b) Die Stromzuführung mittels Tiefleitung.

Dieses System hat den Zweck, stromführende Teile der Bahnleitungen vollkommen aus dem Bereich des Publikums zu bringen, bezw. die Verwendung von Teilen, welche berührbar bleiben, zur Stromleitung zu vermeiden. Es gibt eine grosse Zahl von Konstruktionen dieser Type, von denen aber nur wenige in der Praxis Eingang fanden.

Leider fing man an, nach und nach zu Künsteleien überzugehen, welche viele Erfindungen auf diesem Gebiete von Anfang an nicht als lebensfähig erscheinen lassen.

Das System, welches sich mit Sorgfalt und Geschick von diesen hemmenden Künsteleien ferngehalten hat und deshalb auch am meisten verbreitet sein dürfte, ist jenes von Siemens & Halske. Es möge als Repräsentant dieser Art Stromzuführung hier Erwähnung finden, obwohl es naturgemäss infolge seines Preises nur in grossen, dicht bevölkerten Städten mit dichtem Verkehr zur Anwendung geeignet ist, in

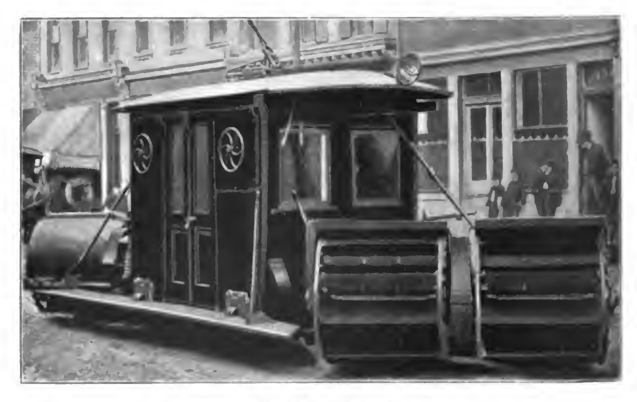


Fig. 180. Strassenkehrmaschine.

diesen aber unter allen Umständen gefordert werden sollte. Für Ueberlandbahnen, sowie für den Berg- und Hüttenbahnbetrieb kommt es nicht in Frage.

Dieses System besteht in der Herstellung eines Kanales von eiförmigem Querschnitt unterhalb der Pflasterschichte der Strassen, welcher von oben durch einen Schlitz zwischen eigens angebrachten und geformten Schienen zugänglich ist. In Fig. 181 und 182 ist dieses System dargestellt.

Es ist natürlich auch nicht fehlerlos, aber es hat die grössten Uebelstände geschickt vermieden und dürfte in dieser Hinsicht den ersten Rang einnehmen. Die Nachteile sind die grossen Kosten, die Anbringung eines Schlitzes zwischen 2 Schienen, die Gefahr der Verstopfung des Schlitzes bei Schneefall, die Sorge für die rationelle und regelmässige

Entwässerung des Kanals von den in denselben eindringenden Tagwässern und die Unterbrechung des Stromes bei Kreuzungen.

Aus einer Schilderung desselben wird man erkennen, dass diese Umstände berechtigterweise noch als Nachteile erwähnt wurden.



Fig. 181. Schlitzkanal auf der Strecke.

In dem Strassenkörper werden in geeigneten Längsentfernungen gusseiserne Böcke aufgestellt, welche einen Rahmen aus Rippenguss mit eiförmiger Aussparung darstellen. Diese Rahmen messen etwa 600 mm in der Höhe und 700 mm in der Breite. Die Aussparung ist nach oben offen, also von dort zugänglich. An der breitesten Stelle der Aussparung sind zylindrische Einsätze eingegossen, welche zur Anfnahme von isolierenden Körpern dienen, die ihrerseits die aus Winkeleisen gebildeten Stromleitungen zu tragen

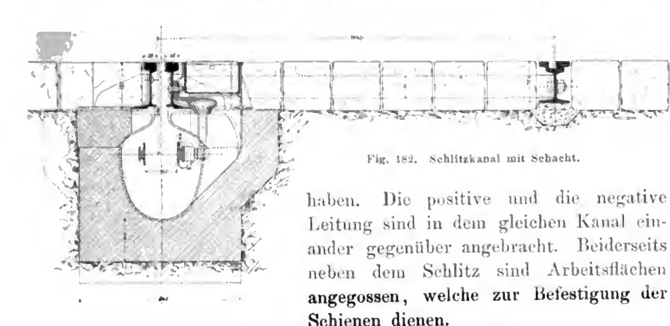


Fig. 182. Schlitzkanal mit Schacht.

haben. Die positive und die negative Leitung sind in dem gleichen Kanal einander gegenüber angebracht. Beiderseits neben dem Schlitz sind Arbeitsflächen angegossen, welche zur Befestigung der Schienen dienen.

Der Längszwischenraum zwischen je 2 solchen Böcken wird nach einer Schablone mit Beton oder Mauerung ausgefüllt, sodass ein Kanal entsteht, der nur von oben durch den Schlitz zugänglich bleibt (Schlitzkanal). Natürlich werden von Zeit zu Zeit Entwässerungskammern in den Betonkörper ausgespart, um das Wasser mit Hilfe eines Dükers zu einem naheliegenden Strassenkanal abzuführen. Zur Erhöhung des

Isolationswiderstands wird in jedem Bock nur die zu einem Pol gehörige Stromschiene befestigt, sodass also diese Stromschienen abwechselnd an jedem zweiten Bock befestigt sind.

Die Schienen müssen eine eigene Form haben, nämlich einseitig sein, um den Schlitz recht schmal anordnen zu können; derselbe darf nicht so breit sein, wie die schmälste zulässige Radfelge von gewöhnlichem Fuhrwerk, damit beim Längsfahren nach dem Gleise dessen

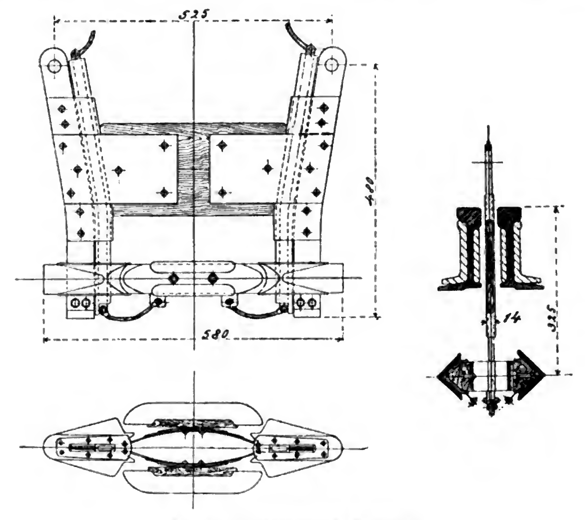


Fig. 183. Stromabnehmer für Schlitzkanal.

Räder nicht in den Schlitz geraten können. Man nimmt diese Breite in der Regel zu 30—32 mm.

Durch den Schlitz greift nun ein plattenartiger Stromabnehmer mit 2 Kontakten und führt den Strom den Motoren zu (Fig. 183).

Die Wandungen des Kanales lassen sich auch durch gewelltes Blech herstellen, was vielleicht in manchen Fällen zweckmässig sein kann. Auch wird es empfehlenswert sein, den Uebergang vom Schlitz zur Kanalwand durch eine Tropfkante zu unterbrechen, damit das durch den Schlitz eindringende Tagwasser nicht unbedingt auf die Isolierhülsen kommen muss, welche die Leitungen tragen, sondern zwischen den letzteren abtropft.

Dieses Schlitzkanalsystem hat, wie alle Systeme, bei denen die Leitungen beider Pole in einer Horizontalebene liegen, noch den Nachteil, der sich beim Betrieb oft sehr bedeutend fühlbar macht, dass keine Weichen an den Abzweigungen angebracht werden können, weil sonst daselbst Kurzschluss auftreten würde; es müssen daher die Stromleitungen an den Abzweigungen und Kreuzungen auf eine entsprechende Länge unterbrochen werden, welche beim Betrieb durch die lebendige Kraft des bewegten Fahrzeuges überfahren wird. Falls nun die Kurven stark sind oder andere Hindernisse, z. B. rasches Bremsen wegen des starken Wagenverkehrs an einer Kreuzung von städtischen Strassen, eintreten, so bleibt das Fahrzeug stehen und muss durch äussere Kraft über die stromlose Stelle hinweggebracht werden. Dies führt natürlich zu grossen Unzukömmlichkeiten, lässt sich aber bei genügend langen Wagen durch die Anwendung von 2 möglichst weit an den Enden des Wagens angebrachten Stromabnehmern beseitigen. Andernfalls müsste man einem jeden Wagen einen besonderen, provisorischen Stromabnehmer mit mehreren Metern Doppelleitung mitgeben, welche einerseits an die Kontaktdrähte der eigentlichen Abnahmevorrichtung angeschlossen sind, andererseits durch Einstecken in den Schlitz Kontakt mit den Stromleitungen machen, und auf diese Art den Wagen weiter bewegen, falls er ausnahmsweise einmal auf stromloser Strecke stehen bleibt.

Die Bestrebungen, den Gefahren der Hochleitung und den hohen Kosten der Tiefleitung auszuweichen, führten zur Erfindung der

c) Stromzuführungen in der Strassenfläche (Niveauzuführung).

Um nicht die naturgemäss der Berührung durch das Publikum ausgesetzten stromführenden Teile dauernd unter Strom zu halten, ist man darauf verfallen, die Leitung zu teilen und durch Einwirkung des Wagens selbst nur immer jene Teile unter Strom zu setzen, welche in der unmittelbarsten Nähe des Wagens, womöglich von denselben ganz bedeckt, sich befinden. Dadurch sind die sog. „Teilleiterbahnen“ entstanden, wobei entweder die kontaktbildenden Teile in der Strassenoberfläche oder in einer eigenen Hohlschiene untergebracht sind, welche nur einen dem Querschnitt eines Pflastersteines entsprechenden Platz längs der Fahrbahn einnimmt. Das erstere System heisst das „Kontaktknopfsystem“, das letztere jenes mit „Niveaustromschiene“.

Bei dem Kontaktknopfsystem stehen von Zeit zu Zeit metallene Kontaktstücke aus der Strasse hervor, welche zwischen den Fahrschienen liegen und auf denen eine am Wagen angebrachte Ableitungsschiene derart schleift, dass sie immer wenigstens mit einem Kontaktknopf Berührung hat, den nächsten Knopf in der Fahrrichtung an die

unterirdisch in isolierten Kabeln verlegte Zuleitung anschliesst und die Verbindung des eben verlassenen hinten liegenden Knopfes aufhebt.

Man kann sich leicht ein Bild machen, dass diese Systeme, welche unbedingt mit zahlreichen kleinen elektrischen relaisartigen Apparaten, oder mit Hebel- und Federvorrichtungen, oder endlich mit elektromagnetischen Vorrichtungen zum Anheben der Kontaktschiene ausgestattet sein müssen, für einen geregelten Betrieb auf die Dauer die Gewähr nicht geben. Auch wird die Stromabnehmerschiene bei Kreuzungen geradezu bedenklich als Kurzschlussorgan, da man gerade dort wegen der Krümmungen, und vergrösserten Fahrtwiderständen eine Verminderung der Knöpfe nicht vornehmen darf. Auch hängt das Funktionieren von den Senkungen und Bewegungen des Strassenkörpers zwischen den Schienen ab.

Auch die bisherigen Ergebnisse der Bemühungen hinsichtlich Niveaustromschiene kann man nicht für befriedigend erklären, wenn auch für manche der hierher gehörigen Systeme das „äusserst beifällige Urteil hochgestellter Personen" als Beweis ihrer Güte in Anspruch genommen wird. Denn wenn man mit den praktisch erforderlichen Geschwindigkeiten und den dadurch bedingten Beanspruchungen durch Stoss und Reibung rechnet, kommt man zu der Ueberzeugung, dass in einem so kleinen Raume, wie er gemäss des für eine Niveaustromschiene als zulässig erklärten Querschnittes sich ergibt, Kontakt- und Stromabnahme-Vorrichtungen nur in sehr subtiler Konstruktion ausgeführt werden können, welche den mechanischen und elektrischen Beanspruchungen für die Dauer in keiner Weise genügenden Widerstand leisten. Man braucht hierbei gar nicht an die bei halbwegs stärkerem Regen eintretenden Kurzschlüsse zu denken, welche gerade in der Zeit des stärksten Bedarfes voraussichtlich die meisten Betriebsstörungen verursachen würden, ebenso, wie das Fallen von etwas feuchtem Schnee ein Vollstopfen der Stromschiene und die Unmöglichkeit, den schwachen Stromabnehmer zu betätigen, zur Folge hätte.

Für den Berg- und Hüttenbetrieb können diese Systeme ebenfalls keine Bedeutung erlangen, es liegt aber hier dafür auch kein Bedürfnis vor.

Ueber ein völlig gefahrloses System von Bahnen mit Drehstrombetrieb ohne Hochleitung hat Verfasser schon vor Jahren mit Freunden gesprochen, ohne der Sache, mangels Möglichkeit, sie experimentell zu verfolgen, besonderen Wert beizulegen. Es ist dies ein System, welches darauf beruht, zwischen den Schienen Kerne und Primärwickelungen von Transformatoren anzubringen, welche durch die Räder, eventuell durch einen auf einem Vorlaufwagen in konstantem geringstem Abstand von den Schienen gehaltenen hufeisenförmigen Magnetkern mit sekundärer Wickelung, einen Transformator bildet, dessen primäre Wicke-

lungen in die Erde verlegt sind, ohne irgend einen mechanischen Teil der Bahn als Leiter zu benützen, und deren sekundäre Wickelung ganz ohne Stromabnehmer Motoren betreiben können. Die meisten Bedenken wurden gegen die grosse Ungleichmässigkeit des magnetischen Widerstandes des Transformators geltend gemacht. Denn dieser ist, selbst bei Verwendung eines ungefederten Vorlaufwagens, der die Entfernung der Magnetpole von den Schienen konstant hält, von der Beschaffenheit der Schienen in hervorragender Weise abhängig und lässt ein sehr ungünstiges Güteverhältnis sowie schwankende Spannung befürchten. In neuester Zeit sind Dulait, Rosenfeld & Zelenay noch weiter gegangen und haben die Schienen und das Wagengestell gleich als Stator eines asynchromen Motors benutzt. Hierbei kann allerdings das Bedenken der Ungleichmässigkeit des Kraftlinienflusses entfallen; es ist aber daran zu zweifeln, dass die Erzeugung eines gleichmässigen Magnetismus in diesem Falle ohne Aufwand sehr bedeutender Energie zu erzielen ist.

B. Fahrzeuge ohne Stromzuführung.

a) Generator auf dem Fahrzeug.

Um für grössere Leistungen und Geschwindigkeiten die Vorteile elektrischer Fahrzeuge, nämlich die Unabhängigkeit von den Stössen der hin und her gehenden Massen und die gleichmässigere Umdrehung auszunützen, ferner sich von elektrischer Zuleitung unabhängig zu machen, und endlich die Erzeugung der Arbeit aus Kohle in ökonomischerer Weise zu bewirken, als dies bei einem Lokomotivkessel und mit einer allen Witterungseinflüssen ausgesetzten Dampflokomotive möglich ist, hat man vorgeschlagen, ein geeignetes Fahrzeug mit Elektromotoren zu versehen, den Strom in einem auf demselben Fahrzeug befindlichen Generator zu erzeugen, diesen mit einer möglichst sparsam arbeitenden Dampfmaschine einer Standtype und ebensolchem Kessel zu betreiben, welche gleichfalls auf der Lokomotive ihren Platz finden und derselben nebst dem Wasser- und Kohlenvorrat das erforderliche Adhäsionsgewicht verleihen.

Wenn nun auch anerkannt werden muss, dass die gewöhnliche Lokomotive eine keineswegs sparsam arbeitende Dampfmaschinenanlage darstellt, und dass die Verluste zwischen mitgeführtem Generator und Motoren erheblich geringer sind, als jene in einer Zuleitung, endlich, dass es ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist, von den Zuleitungen gänzlich unabhängig zu sein, so lassen doch die bisher bekannten Ergebnisse noch kein endgültiges Urteil über diese Methode des elektrischen Bahnbetriebes zu. Es ist jedoch immerhin nicht unwahrscheinlich, dass

ein solches System soweit ausgestaltet wird, um hauptsächlich wegen des Entfallens der Leitungen selbst mit dem neuen Drehstromsystem für Schnellbahnen mit Erfolg zu konkurrieren. Die Fortschritte in der Anwendung flüssiger und staubförmiger Heizmaterialien (Petroleum, Dieselmotor), die Möglichkeit, von der Lokomotive aus mehrere Wagen mit Strom zu versorgen und damit die Geschwindigkeit zu erhöhen, und mehrere andere Umstände würden einer Beförderungsart ohne die Kosten und Gefahren der Zuleitungen entschieden eine vielseitigere Anwendung sichern, und es dürfte insbesondere im Bergbau, wo billiges Brennmaterial vorhanden ist, und wo die Fahrleitungen oft wegen der geringen Höhe der Stollen und der häufigen Verbrüche grosse Unzukömmlichkeiten mit sich bringen, die angedeutete Methode günstige Ergebnisse aufweisen, sobald man in der Lage ist, die Verbrennungsprodukte unschädlich zu machen oder ganz zu vermeiden.

b) Die Traktion mit mitgeführten Akkumulatoren.

Es war sehr naheliegend, die eben geschilderten Fahrzeuge von allem, was nicht rein zum augenblicklichen Fahrbetrieb gehört, zu befreien, d. h. die Stromquelle derart zu wählen, dass sie nur ihre Stromabgabe auf dem Fahrzeug selbst bewirkt, während die eigentliche Stromerzeugung unabhängig vom Fahrbetrieb in einer Zentrale mit ökonomischem Fabrikbetrieb erfolgt. Dies konnte versucht werden mit Rücksicht auf die für Zentralen schon bewährten Elektrizitäts-Akkumulatoren, welche das Aufspeichern des Stromes und seine Verwendung an anderen Orten und zu anderer Zeit, selbst in anderer Form ermöglichen.

Leider kann man im allgemeinen der Anwendung der Akkumulatoren in der heutigen Form zur Traktion keine hervorragende Zukunft voraussagen, und zwar aus folgenden Gründen:

Derjenige Akkumulator, welcher einerseits die grösste Spannung pro Zelle, also die geringste Zellenzahl, anderseits die grösste Aufspeicherungsfähigkeit ergibt, ist jener, welcher aus Blei und Bleisalzen als elektrisch wirksamen Körpern besteht; er ist also schwer und erfordert eine erhebliche verlorene Arbeit zur Weiterbeförderung seines eigenen und des seinetwegen vermehrten Fahrzeuggewichtes. Andere Akkumulatoren haben sich trotz des Applombs, mit denen sie seinerzeit der Welt übergeben wurden, und trotz der gegen fachliche Bedenken geltend gemachten Präpotenz durchaus nicht bewährt.

Die Arbeit der Eigenbeförderung nimmt von der Kapazität des Akkumulators einen grossen Teil weg und bewirkt, dass derselbe viel öfter zur Ladung nach der Zentralstation gebracht werden muss, als dies zufolge der geleisteten Nutzarbeit notwendig wäre.

Der Akkumulator ist immer abhängig von der Ladestelle, und muss daher nach Verbrauch seiner Energiemenge immer zu derselben zurückgebracht werden; er ist daher für Fahrten auf grössere Entfernungen so lange nicht geeignet, als nicht die Elektrizitätswerke zahlreicher geworden sind, und als nicht fast jedes solche Werk Ladestrom für Akkumulatoren erzeugt und an Passanten, natürlich zu entsprechendem Preis verkauft, der wohl die Oekonomie des Betriebes recht herabdrücken wird. Bei der raschen Vermehrung der Drehstromanlagen wird sich daher der Betrieb von Akkumulatorenfahrzeugen, Elektromobilen, wohl nur in Städten Bahn brechen können, während auf Bahnen der reine Akkumulatorenbetrieb hauptsächlich von der Frage der Kosten und von dem Wunsche abhängt, bei unverhältnismässig teurer Anlage einer Tiefleitung von der Hochleitung befreit zu werden.

Nicht zu verkennen sind jedoch die Vorteile des Akkumulatoren-Traktionsbetriebes, wenn es möglich ist, denselben mit Hoch- oder Tiefleitung zu kombinieren. Dies wurde mit Erfolg in Hannover bei der Stadtbahn durchgeführt. Es kommt auch häufig in Hüttenwerken vor, wo man den Verschiebdienst durch solche kombinierte Lokomotiven besorgen lässt, wenn es z. B. untunlich ist, Hochleitungen zu spannen, wenn auf Geleisen verschoben werden muss, welche noch für den normalen Fahrdienst in der Station gehören. Auch kann es vorkommen, dass Lokomotiven so niedrige Räume zu befahren haben, dass entweder wegen der geringen Höhe oder wegen vorzunehmender Manipulationen Leitungen daselbst unzulässig sind; z. B. Räume unterhalb von Koksspeichern, im Aschenfall u. dgl. So kann auch bei Tunnelbohrungen, wo man wegen des Sprengens Leitungen nicht weit genug vor Ort hineinlegen kann, eine Akkumulatorenlokomotive mit kombiniertem Antrieb sehr zweckmässig sein.

Diese Maschinen gleichen dem Aeussern nach meist fast vollkommen den gewöhnlichen, elektrischen Lokomotiven, besitzen aber entsprechend abgeschlossene Räume zur Anbringung der Zellen.

Was die Spannung anlangt, so richtet sie sich nach der Spannung in der Zuleitung oder mit der letzteren nach den gegebenen Vorschriften. In der Regel werden Batterien mit mehr Zellen geringer Kapazität schwerer, als solche mit wenigen Zellen grosser Kapazität und Entladestromstärke.

Die Kapazität kann sehr gering bemessen werden, gerade, dass sie zur Ueberwindung der im Maximum in einer Zeitfolge zu leistenden Arbeit entspricht, und dass die Nachladung dann sogleich während des Fahrens am Fahrdraht erfolgt. Sie richtet sich daher vorwiegend nach der geforderten Leistung und nach den Betriebsverhältnissen, aber auch

nach der Situation bezw. dem Wechsel von Strecken **mit** Leitung und solchen **ohne** Leitung.

Um mit Akkumulatoren ökonomisch fahren zu können, muss auch auf die Geschwindigkeit des Motors Rücksicht genommen werden, falls derselbe ein Hauptschlussmotor ist. Denn dieser hat bei einer bestimmten Normalleistung und Spannung für jede augenblickliche Leistung eine **besondere, bestimmte Geschwindigkeit**, welche normal nach der Normalgeschwindigkeit der Fahrt und nach der Grösse der Räder bezw. dem Uebersetzungsverhältnis des Motorgetriebes bemessen wird. Die einer anderen Leistung, als der normalen, entsprechende Motorgeschwindigkeit würde demnach auch eine Aenderung der Fahrgeschwindigkeit bewirken und somit auf Stellen, wo z. B. wegen bedeutenderen Kurven und Steigungen eine geringere Geschwindigkeit erforderlich wäre, eine höhere Geschwindigkeit und damit auch eine höhere Beanspruchung des Akkumulators bedingen. Wenn man nun mit Hilfe von Widerständen regulieren will, so kann es vorkommen, dass man den grössten Teil der Leistung in den Widerständen in Wärme umsetzt, also vernichtet, während man bei entsprechend anderer Wahl des Motors, der Betriebsspannung und der Magnetschaltung, den Akkumulator sehr schonen könnte.

Es verdient hier ausdrücklich erwähnt zu werden, dass nicht alle Schaltungen, welche sonst für Traktion gebräuchlich sind, auch ohne weiteres für Akkumulatorenbetrieb Eignung besitzen, und dass es von wenig Umsicht zeugt, diesbezügliche Bemühungen mit dem Hinweis auf die „bereits erprobten" und „bekannten" Anordnungen in ihrem Wert herabzusetzen.

Was die Aufstellung und Unterbringung der Akkumulatoren betrifft, so war man früher diesbezüglich sehr ängstlich und forderte eine federnde Aufstellung, alle möglichen Vorsichten hinsichtlich der Isolierung und Kontaktbildung u. dgl. Auch war man der Ansicht, dass die Stellung der Platten, ob parallel oder senkrecht zur Fahrrichtung wegen des durch die „schaukelnde Säure stärker auftretenden Auswaschens der Platten" einen Einfluss auf den Akkumulator ausüben sollte. Auch wollte man die Batterien so leicht als möglich machen und vermied die heute durchaus gebräuchlichen schützenden Kästen, womit natürlich dem Material der Zellenwände (Hartgummi) eine viel zu grosse mechanische Belastung zugemutet wurde.

Heute macht man eine ordentliche, praktisch nicht allzu schwierig zu handhabende Kiste, in der die Elemente in bester Anordnung untergebracht sind, und verbindet mit gummiisolierten Kabeln.

Geeignete Räume zur Unterbringung der Akkumulatoren finden sich in den Fahrzeugen leicht unter den Sitzen oder unterhalb der

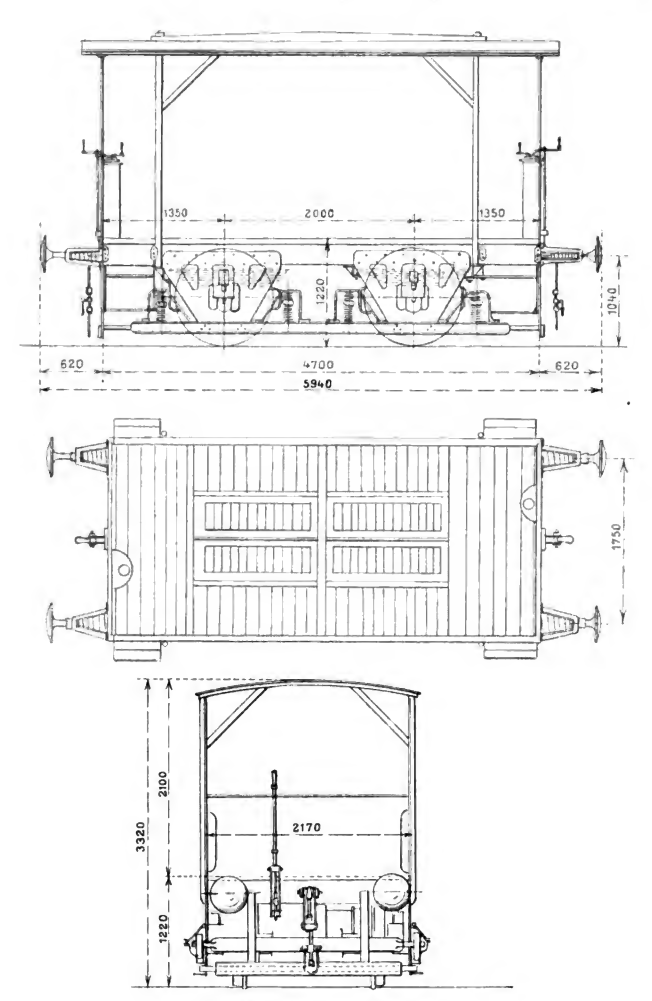


Fig. 184. Akkumulatoren-Lokomotive.

Konstruktionsteile zwischen den Rädern (vgl. Fig. 184, Akkumulatoren-Lokomotive Kolben & Co. Prag).

Die bei Akkumulatorenantrieb sicher nicht unwesentliche Frage nach der Wiedergewinnung der Bremsarbeit scheint noch keinem genügenden Studium unterzogen worden zu sein. Jedenfalls wäre die erste Bedingung, eine derartige Motorschaltung zu wählen, dass der oder die Motoren bei Bremsung als Nebenschlussmotoren funktionieren, wenn sie auch bei regelrechtem Betrieb als Hauptschlussmotoren arbeiten. Im übrigen darf man von der durch Wiedergewinnung des Stromes erzielbaren Oekonomie des Betriebes nicht viel erwarten, was schon oben ausführlich erwähnt wurde.

Eine schon früher angeregte Frage wäre die, ob es für Traktionszwecke vorteilhaft ist, die im Elektrodenmaterial gegebene elektrische Stromquelle überhaupt der Form nach in der Platte aufrecht zu erhalten, d. h. die Ladung der Elektrodenmasse als Platten in derselben Zelle zu bewirken, in welcher die Entladung vor sich geht.

Es dürfte bei gleicher Leistung und Oekonomie des Gesamtbetriebes eine wesentliche Verminderung des Batteriegewichtes erreicht werden, wenn man ganz leichte Elektroden nur für 2—3 Entladungen herstellen oder überhaupt die Formgebung der Elektroden unterlassen würde und Zellen konstruierte, welche mit der aktiven Masse für einige wenige Entladungen derart beschickt werden, wie man etwa einen Füllofen mit Kohle beschickt. Nach Verbrauch würden die Rückstände herausgenommen und in rationellster Weise, ohne Konsistenz und Form, ja sogar ohne die chemische Reinheit zu beachten, in getrennten Gefässen wieder zu aktiver Masse gemacht, während die Elementzellen neuerdings mit solcher früher erzeugten Masse beschickt werden. Damit würde man die Ladestation, welche bei halbwegs regem Betrieb immerhin eine nicht unbedeutende Grösse bekommt, sowie die elektrische Anlage derselben und die Anschaffung derjenigen Reservezellen, welche während der Ladezeit den Betriebsstrom abgeben, wesentlich vermindern können. Wenn man an eine chemische Regenerierung denkt, so könnte die Ladestation ganz entbehrt werden.

Diesbezüglich sind leider Versuche und Studien noch nicht veröffentlicht.

Siebenter Abschnitt.

Bewegungs- und Hebemaschinen.

1. Allgemeines.

Während man unter „Traktion“ jene Bewegungsform zu verstehen hat, wo die Last bezw. die die Lasten tragenden Behälter oder Vorrichtungen sich relativ zum Motor oder den die Motoren tragenden Fahrzeugen nicht fortbewegen, somit vom Motor während einer von ihm selbst ausgeführten Fortbewegung mitgezogen werden, ist nun auch eine andere Art der Fortbewegung von Lasten zu betrachten, und zwar jene, bei welchen die Last und der Motor in bezug aufeinander bewegt werden können.

Hierbei hat man zu unterscheiden, ob der Motor seinen Platz oder seine Lage oder Stellung verändert oder nicht, und es ergibt sich daraus etwa folgende Einteilung, wobei sich organisch jene Maschinen an die Traktion anschliessen, bei denen die Motoren nicht im Raum feststehen.

Dadurch, dass die Bewegungsmaschinen selbst, bezw. die mit denselben verbundenen Motoren ihren Platz verändern, ist auch eine zweite Charakterisierung bedingt, nämlich jene, ob der Elektromotor eine ruhende oder eine bewegte Stromzuführung erfordert.

Es sind demnach zu unterscheiden:

A. Bewegungsmaschinen mit mehreren Bewegungsrichtungen der Last.

I. Mit stetig ortsverändernder Stromzuführung.

a) Lokomotivkran, Velozipedkran.

b) Laufkran, Winkelkran, Verladekran.

c) Schiebebühne.

II. Bewegungsmaschinen mit ortsveränderlicher, aber nicht stetig veränderter Stromzuführung.

d) Drehkran, Uferkran, Portalkran.

B. Bewegungsmaschinen mit feststehender Stromzuführung, also nur einer Linie der Lastbewegung.

I. Mit konstanter Bewegung in einer Richtung.

e) Transportbänder.

f) Seilförderung, Kettenförderung.

II. Mit hin und her gehender Bewegung.

g) Winden, Spills.

h) Aufzüge, Drahtseilbahnen.

Es ist selbstverständlich, dass von diesen Haupttypen viele Kombinationen vorkommen, z. B. Portaldrehkrane, Portallaufkrane.

Bei allen diesen Maschinen werden an die Einrichtungen vielseitige Anforderungen gestellt, welche fast ausschliesslich durch die Elektrotechnik in zufriedenstellender Weise lösbar werden und gelöst wurden. Sie beziehen sich auf die Stromzuführung, selbsttätige Begrenzung der Bewegung, Umkehrvorrichtungen, Bremsung, Vorrichtungen zum Festhalten der Last und viele andere praktische Anforderungen.

2. Bewegungsmaschinen mit mehreren Bewegungsrichtungen der Last.

Die unter dieser Bezeichnung anzuführenden Bewegungsmaschinen umfassen alles das, was man unter dem geläufigen Begriff der Krane versteht, und die Erfüllung der Bedingung, dass die Last mehrere Relativbewegungen entweder nacheinander oder gleichzeitig machen können muss, kennzeichnet diese Gruppe der Bewegungsmaschinen. Hierzu ist es notwendig, dass entweder der ganze Kran oder ein wesentlicher Teil desselben eine fortschreitende oder drehende Bewegung machen kann, dass ferner eine Relativbewegung des zum eigentlichen Heben der Last dienenden Windwerkes (der Katze) zum Kran oder wenigstens eine Relativbewegung des Lasthakens zum Kran in horizontaler Ebene erfolgen kann, und dass schliesslich der Lasthaken selbst gehoben oder gesenkt wird. Es gibt natürlich vielfache Kombinationen, je nach den Aufgaben, welche ein Kran in besonderem Falle zu erfüllen hat. Die wesentlichsten werden durch die Beschreibung mehrerer Krantypen leicht verständlich gemacht werden können.

Man kann die Krane elektrisch so einrichten, dass ein einziger Motor mit Hilfe von mechanischen Verbindungen geeignet gemacht wird, alle erforderlichen Bewegungen zu bewirken. Da aber beachtet werden muss, dass oft die Geschwindigkeiten der einzelnen Bewegungen nicht derart harmonieren, dass sie von einem Motor herbeigeführt werden könnten, und da alle mechanischen Vorrichtungen zur Bewirkung einer Geschwindigkeitsänderung misslich sind, so zieht man vor, für jede Bewegung einen besonderen Motor anzuwenden. Hierdurch erreicht man trotz der Notwendigkeit mehrerer Regulatoren immer eine viel kompendiösere Anordnung und den Vorteil, alle Bewegungen mit jener Geschwindigkeit zu bewirken, welche als die zweckmässigste erscheint. Auch gewinnt man an Güteverhältnis der Motoren, welche immer näher dem günstigsten Punkte beansprucht werden können, und erspart das Schmiermaterial für Lager und Zahnräder, sowie die Erhaltungskosten von Riemen oder Seilen.

Was die Wahl des Stromsystemes bei Kranen betrifft, so haben die Motoren für Drehstrom den Vorteil, ohne Bürsten und Kollektor zu arbeiten und daher einen funkenlosen Betrieb zu gewährleisten. Dieser wird auch dadurch nicht beeinträchtigt, dass die Motoren Schleifringe besitzen müssen, um die Anlaufstromstärke in mässigen Grenzen zu halten und die Geschwindigkeit zu regeln. Diese Geschwindigkeitsregelung erfolgt aber bei dem Drehstrommotor nur innerhalb geringer Grenzen; da sie aber besonders bei Kranen erwünscht ist, um die Geschwindigkeit der Hebung nach der Grösse der Last ändern und insbesondere den leeren Lasthaken rasch heben zu können, so tritt der Drehstrommotor zumeist gegenüber jenem Motor in den Hintergrund, welcher eine selbsttätige Einstellung der Geschwindigkeit nach der Belastung ergibt, nämlich dem Gleichstrommotor mit Hauptschlussschaltung, dem Hauptstrommotor. Die moderne Elektrotechnik hat nun auch bei diesen Motoren durch entsprechende Dimensionierung der Magnete, der Kollektors, der Bürsten, und durch Wahl der Retortenkohle als Material für die letzteren einen funkenlosen Gang erzielt, so dass alle Vorteile des Gleichstromes ausgenutzt werden können, ohne seine früheren Nachteile zu erfahren. Zu den Vorteilen gehört auch die Möglichkeit der Akkumulierung des Gleichstromes und der Anwendung von Pufferbatterien für den Kranbetrieb.

Man findet demnach vorwiegend Gleichstrom-Hauptschlussmotoren zum Kranbetrieb verwendet.

Die Hauptschlussmotoren entsprechen den Anforderungen des Kranbetriebes in der denkbar vollkommensten Weise.

Der Betrieb der Krane ist ausserordentlich wechselnd, und mit ihm ändert sich auch der Kraftbedarf, bezw. die erwünschte Arbeitsgeschwindigkeit. Diesen Aenderungen schmiegt sich der Hauptschlussmotor ausgezeichnet an; er ergibt ein stossfreies Anfahren unter Last, eine sanfte Beschleunigung bis zur Maximalgeschwindigkeit, ist regulierfähig, kann einfach gesteuert bezw. reversiert werden, ist zufolge der vollständig verschlossenen, gekapselten Konstruktion selbst bei weniger sorgsamer Behandlung, wie es im Hüttenbetrieb vorkommt, vollkommen unverletzbar, hat bei allen Belastungen einen guten Wirkungsgrad und gestattet seine Anwendung in jeder räumlichen Lage und Aufstellung, so dass mechanische Antriebe auf ein Minimum reduziert, bezw. ganz vermieden werden können.

Bei der Wahl der Grösse der Motoren braucht man wegen ihrer starken Ueberlastbarkeit im allgemeinen nicht zu ängstlich vorzugehen; man hat nur den Wirkungsgrad des Triebwerkes mit entsprechender Sicherheit mit in Rechnung zu stellen.

Nur in Hüttenräumen, wo die Temperatur sehr hoch ist, muss

man grössere Motoren wählen, damit dieselben nicht trotz des intermittierenden Kranbetriebes schädliche Erwärmung erfahren.

Die bedeutenderen Fabriken bauen übrigens heute spezielle Motoren für Krane, welche rasch unter Belastung anfahren, sich leicht reversieren lassen und wegen des intermittierenden Betriebes in ihren Teilen elektrisch stärker beansprucht werden können, als Motoren, die Dauerleistungen zu geben haben.

Hinsichtlich der Berechnung der Triebe, insbesondere der richtigen Zahnform, der Herstellung der kleinen Zahnradtriebe aus Rohhaut und der korrekten zentrischen Aufbringung der Triebe auf die Wellen liegen aus neuerer Zeit eingehende Untersuchungen und Studien des Oberingenieurs O. Lasche vor, welche von der A. E.-G. Berlin in äusserst interessanten Abhandlungen veröffentlicht wurden.

Die normale Geschwindigkeit der Motoren wird verschieden gewählt, je nachdem man es mit Kranen zu tun hat, die stark oder schwach im Betrieb sind. Für letztere kann man rascher laufende Motoren wählen, weil bei schwachem Betrieb der Verlust im Antriebmechanismus nicht stark in die Wagschale fällt und es nicht so sehr auf rasches Erreichen der normalen Geschwindigkeit und auf geringen Energieaufwand ankommt. Bei stärkerem Betrieb spielen aber diese Faktoren mitunter eine bedeutendere Rolle, und man wählt dann Motoren, welche die Betriebsgeschwindigkeit rasch erreichen, aber an sich eine geringere Umdrehungszahl haben, daher mit geringeren Uebersetzungsmechanismen auskommen, wodurch sich die Summe der jedesmaligen Leerarbeit pro Hebung vermindert.

Die Regulierung der Motoren erfolgt durch Ein- oder Ausschalten, bezw. verschiedenes Gruppieren von Widerständen, welche an einem geeigneten Platz am Kran angebracht werden und aus den bekannten Drahtlocken, Netzen oder Blechen, in entsprechender Anordnung bestehen. Das Schalten wird durch einen sogenannten Kranschalter oder Krankontroller bewirkt, welcher sich von einem Fahrschalter für Trambahnen (Fig. 185) dadurch unterscheidet, dass er ausser der Geschwindigkeitsregulierung auch die Umkehrung der Bewegungsrichtung mittelst einer einzigen Kontaktwalze bewirkt, weil diese Umkehrung eben zu häufig vorkommt, als dass es opportun wäre, hierfür eine getrennte Walze anzuwenden, welche mit einem gesonderten Handgriff des Führers betätigt werden müsste.

Bei Kranen kombiniert man sogar möglichst die verschiedenen Bewegungen, um den Betrieb zu vereinfachen.

Dies geschieht mit Hilfe der sogenannten Universalsteuerungen, welche darauf beruhen, dass zwei Kontroller mittels Zahnradantrieb und Kulissen verbunden werden, derart, dass ein einziger Hebel beide betätigt,

wobei die Anordnung so getroffen ist, dass die Spitze des Handgriffes gleichsam die Bewegungen der Last im verjüngten Massstab darstellt, was die Uebersichtlichkeit auch für den Laien sehr erhöht (Union).

Die Krankontroller sind für je einen Motor konstruiert, enthalten somit die Kontakte für die Reihen- und Gruppenschaltung



Fig. 185. Fahrschalter für Trambahn.

der Magnete und Motoren, welche bei den Fahrkontrollern notwendig sind, nicht, dagegen aber auch nicht die Reversierwalze des Fahrkontrollers.

Krankontroller mit Universalsteuerung sind durch Fig. 186 und 187 dargestellt. Die beiden Steuerwalzen sind mit Zahnrädern versehen, von denen das eine (Stirnrad) durch ein Zahnradsegment vom Schalthebel unmittelbar betätigt wird, während das Kegelrad für die zweite

Walze mit Hilfe einer Kulisse bewegt wird, in deren Schlitz der obengenannte Hebel sich bewegen kann, ohne die Kulisse mitzunehmen.

Für Krane, bei denen drei Motoren vorkommen, verwendet die Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe einen Universalkontroller für drei Motoren, welcher durch Fig. 188 dargestellt ist. Im wesentlichen besitzt er die gleiche Konstruktion, wie der früher erwähnte Universalkontroller, nur ist noch die Steuerwalze nebst Kurbel für die dritte Bewegung mit ihm vereint.

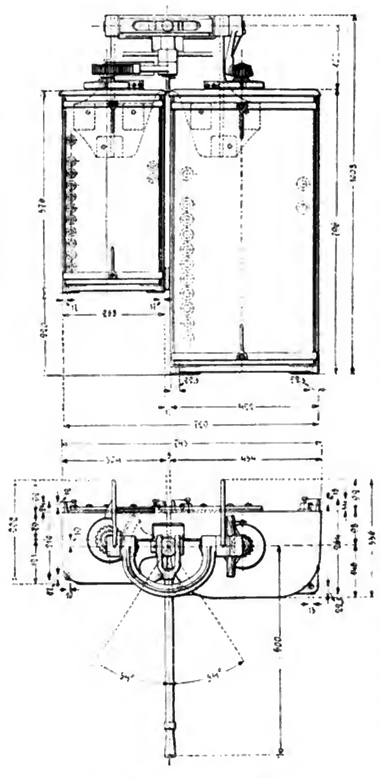


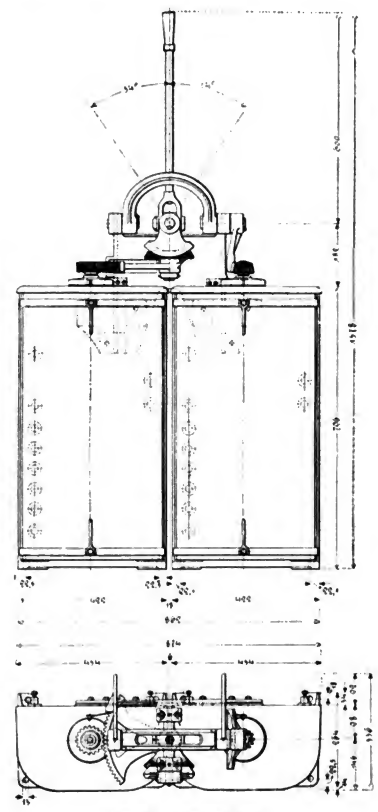
Fig. 186. Krankontroller.

a) Die erste Gruppe der Krane ist jene, bei welcher die Stromzuführung zu dem Kran oder zu einzelnen seiner Teile während des Arbeitens ihren Ort ändert.

Ein Repräsentant dieser Gattungmaschinen ist der Lokomotivkran. Derselbe besteht aus dem Gestell eines offenen Güterwagens, welcher entsprechend beschwert sein muss, und in dessen Mitte mit Hilfe einer Kreisbahn und Zahnrädern ein Auslegerarm in Form eines Fairbairnkranes angebracht ist (Figur 189). Die ganze fahrbare Maschine dient vorwiegend dazu, Lasten zu transportieren, ohne dieselben erst auf ein Fahrzeug zu verladen, also zum Transport von Arbeitsstücken zwischen einzelnen, durch Gleise miteinander verbundenen Werkstätten. Die Figur zeigt einen Lokomotivdrehkran der österr. Union E.-G. für 6000 kg Nutzlast; es ist erklär-

lich, dass solche Krane nicht für besonders grosse Lasten ausgeführt werden können, weil sie ein entsprechendes Ausbalanzieren erfordern und bei grossen Lasten sehr schwer werden.

Mit dem Ausleger ist der Führerstand verbunden, derart, dass der Führer stets der Last zugewendet steht. Auf dem Führerstand sind auch die Elektromotoren und die von denselben betriebenen Bewegungsmechanismen, sowie die Regulatoren und Widerstände, und endlich auch der Stromabnehmer für Hochleitung (Trolley) angebracht.


Fig. 187. Krankontroller.

Das Heben der Last erfolgt mit Hilfe eines Motors von 40 eff. PS., welcher eine Winde betätigt, deren Trommel im Innern des unteren Teiles des Auslegers liegt; das Drehen des Armes geschieht durch einen Motor von 17 eff. PS. Man kann diese beiden Motoren entweder einzeln regulieren, indem man für jeden Motor einen Steuerungsmechanismus der Rheostate anordnet, oder es wird eine Universalsteuerung angewendet.

Die Fahrbewegung wird durch zwei Motoren von je 17 eff. PS. bewirkt, von denen je einer mittels Räderantrieb auf eine der Wagenachsen wirkt. Im ganzen wird eine normale Zugkraft von ca. 2700 kg erzeugt. Gesamtgewicht dieses Kranes ca. 21000 kg.

Die Stromzuführung erfolgt von der Hochleitung mittels eines Laufrädchens und eines Armes, welcher federnd nach oben drückt; am

Kran selbst findet keine Relativbewegung eines Motors zu einer Zuführungsleitung des Stromes statt, deshalb genügt ein Stromabnehmer, wie für einen Motorwagen oder eine Lokomotive.

Ein sehr eleganter Lokomotivkran ist der in Fig. 190 abgebildete von der E. A.-G. Lahmeyer & Co. in Frankfurt, mechanischer Teil von J. Wolff & Co. in Heilbronn. Derselbe besitzt einen geschlossenen Führerstand und einen Gitterausleger. Die Stromabnehmer sind auf einem

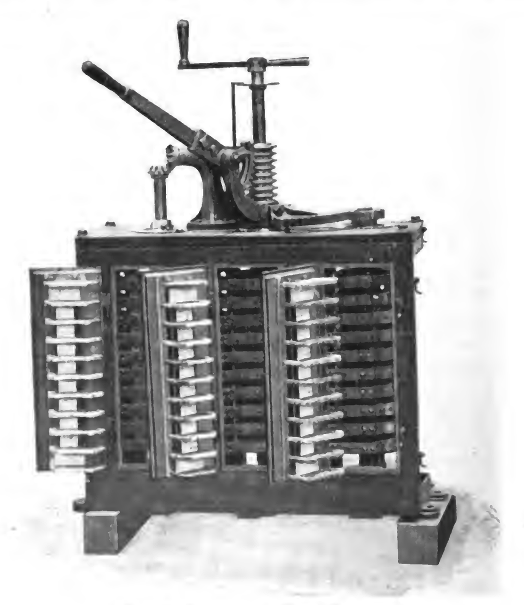


Fig. 188. Krankontroller für drei Motoren.

langen, etwas schlanken Rohr montiert. Die Tragkraft beträgt 5000 kg. die Ausladung 4,5 m, die Hubhöhe 5 m. Der Oberteil lässt sich pro Minute etwa 3 mal im belasteten Zustand umdrehen, die Fahrt auf dem normalspurigen Gleise kann mit 1 m pro Sekunde gemacht werden. Die Stromabnehmer sind Schleifmulden und es sind beide Stromleitungen als Hochleitungen ausgeführt.

Aus den übersichtlichen Konstruktionszeichnungen (Fig. 191 u. Taf. I) ist ein Lokomotivkran in seinen Details zu erkennen, dessen elektrische Ein-

richtung gleichfalls von der E. A.-G. Lahmeyer herrührt, während die maschinelle Einrichtung in der Benrather Maschinenfabrik ausgeführt wurde. Der Kran ist für 5000 kg Last und hat eine Ausladung von 5 m. Er besitzt zwei Fahrmotoren à 15 PS. Der zum Fahren gehörige Fahrschalter gestattet die sogen. Serienparallelschaltung, wodurch verschiedene Fahrgeschwindigkeiten erzielbar sind. Man sieht diese beiden Motoren am Wagengestell, an welchem sie federnd aufgehängt sind. Zur Uebertragung dient ein doppeltes Zahnradvorgelege. Die Regulierung erfolgt durch den in der Mitte rechts ersichtlichen Fahrkontroller, neben welchem rechts der Doppelkontroller für Heben und

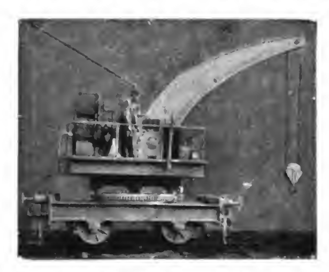


Fig. 189. Lokomotivkran. Union.

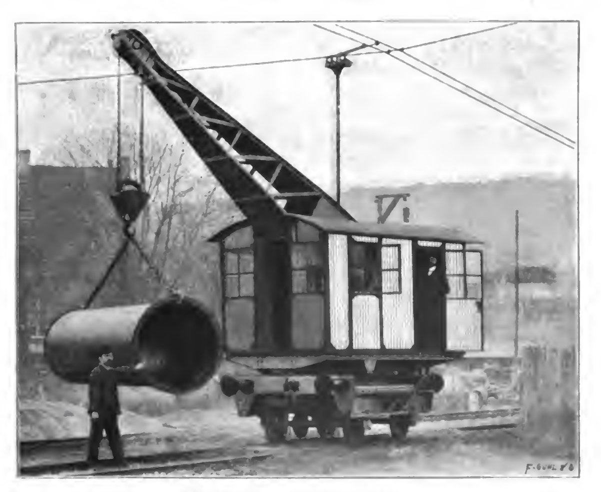


Fig. 190. Lokomotivkran. Lahmeyer.

Schwenken steht. Links vom Fahrschalter befindet sich der Hubmotor, welcher mit den erforderlichen Hand- und Fusshebeln und automatischer Bremsung bezw. Bremslüftung ausgestattet ist und bei 750 Umdrehungen

14 PS. leistet; rechts vom Hubschalter der Schwenkmotor mit 5 PS. bei 800 Umdrehungen.

Der Kran ist für den Betrieb mit Gleichstrom von 220 Volt eingerichtet, die Motoren alle Hauptschlussmotoren.

Ein ähnlicher Kran ist der Lokomotivdrehkran der Oestr. Union (Fig. 192). Derselbe trägt 5 Tons und hat 5 m Ausladung. Die Rolle ist 6,5 m über Schienenoberkante. Die Zugleistung des Kranes ist 60 Tonnen auf 2,5 $^0/_{00}$ Steigung mit ca. 1,7 m Geschwindigkeit pro Sekunde und es dient hierfür ein gekapselter Gleichstrommotor mit 110 Volt Spannung und 30 PS. Leistung. Das Heben der Last von 5 Tonnen erfolgt mit 0,1 m Geschwindigkeit pro Sekunde mittels eines 12 PS. Hubmotors. Das Drehen des Kranes mit Einschluss des Führerhäuschens (Schwenken) geschieht mit 1 m pro Sekunde durch einen Motor von 5 PS. Leistung.

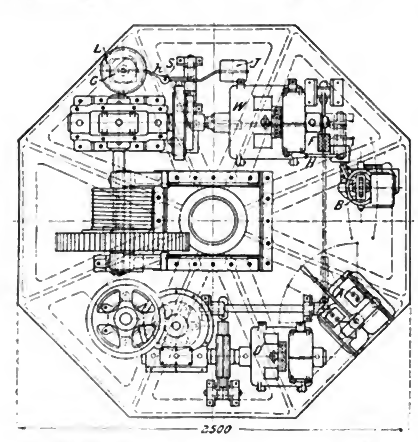


Fig. 191. Lokomotivkran. Konstruktionszeichnung.

Als weitere Ausbildung in der Richtung, dass ein fahrbarer Drehkran ausser der Drehbewegung und dem Heben auch noch eine radiale Bewegung der Last gestattet, kann der „Veloziped-Kran" von 3500 Kilo Tragkraft der Gesellschaft für elektr. Industrie, Karlsruhe, gelten (Fig. 193).

Dieser Kran besteht aus einem niedrigen schmalen Kasten, der auf Schienen beweglich ist und in seiner Mitte eine vertikale Kranspindel trägt. Auf derselben ist ein rechtwinkeliger Ausleger aus Blech beweglich angebracht. Es sind vier Motoren vorhanden, und zwar einer zum Fahren, einer zum Drehen, einer zur Bewegung der Katze und einer zum Heben und Senken der Last.

Die Stromzuführung erfolgt am oberen Ende der Spindel und wird zu den beiden ersten Motoren, welche gegenüber dem Kran keine Relativbewegung ausführen, direkt bewirkt; die Motoren der Katze, welche sich relativ zum Ausleger bewegt, erhalten den Strom durch eine Reihe paralleler, an den Aussenseiten des Auslegers isoliert gespannter, blanker







Drähte, welche mit den Kontrollerkontakten in Verbindung stehen und von welchen der Strom durch einzelne mit vertikalen Armen an der



Fig. 192. Lokomotivdrehkran. Union.

Katze befestigte Schleifkontakte abgenommen wird, wie wir sie genauer bei den Laufkranen kennen lernen werden.

Eine perspektivische Ansicht desselben Kranes gibt Fig. 194.

Aehnlich, aber viel leichter konstruiert, ist der Velozipedkran von C. Findeisen, Chemnitz, von welchem Fig. 195 ein übersichtliches Bild gibt.

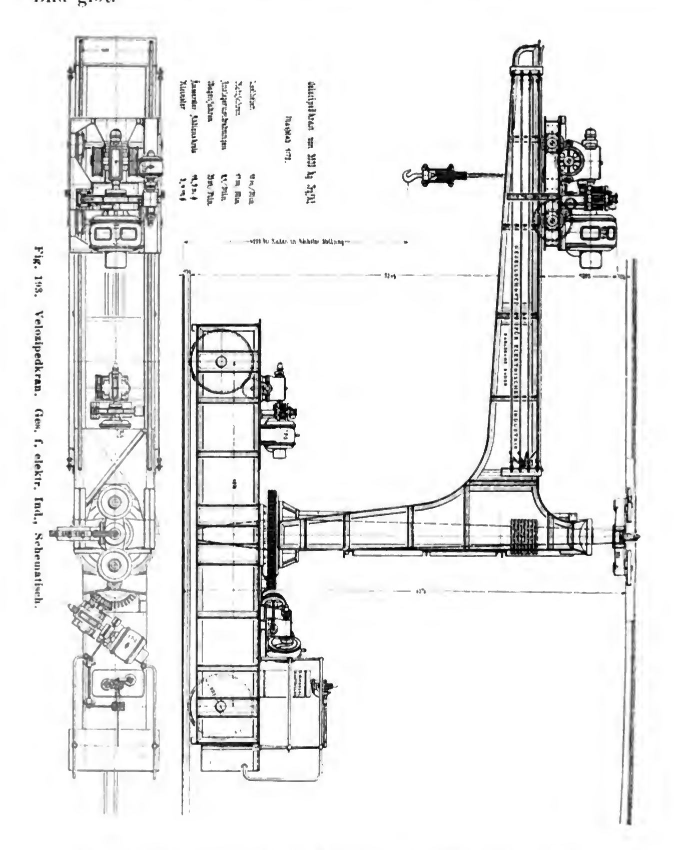


Fig. 193. Velozipedkran. Ges. f. elektr. Ind., Schematisch.

Eine weitere, sehr kräftige Ausführung dieser Krane, bei denen die Fahrbewegung durch Elektromotore bewirkt wird, ist der fahrbare Drehkran im Kabelwerk Oberspree der A. E.-G. Berlin (Fig. 196).

Die fahrbaren Drehkrane, welche nicht durch Elektromotoren weiterbewegt werden, brauchen keine Stromzuführung, wie eine Lokomotive, besitzen auch keinen Fahrmotor, sind nicht mit Rücksicht auf die bei Bahnen gebräuchlichen Spurweiten gebaut, und gehören daher unter die Drehkrane.

b) Die Laufkrane.

Die elementarste Form eines Laufkranes ist die „Motorwinde". Dieselbe besteht, wie Fig. 197 und 198 nach den Angaben des Herrn Professors Kammerer von Siemens-Halske ausgeführt,



Fig. 194. Velozipedkran. Ansicht.

zeigt, darin, dass ein Elektromotor mit angebauter Winde an einer Traverse hängt, welche oben die Stromzuführung trägt. Die ganz kleine Maschine kann daher eine Last heben und gleichzeitig oder

abwechselnd an dem Träger entlang fahren. Da hier der Träger sehr lang und gekrümmt sein kann, so ist die Winde eigentlich ein Zwischenglied zwischen Laufkran und Förderbahn.

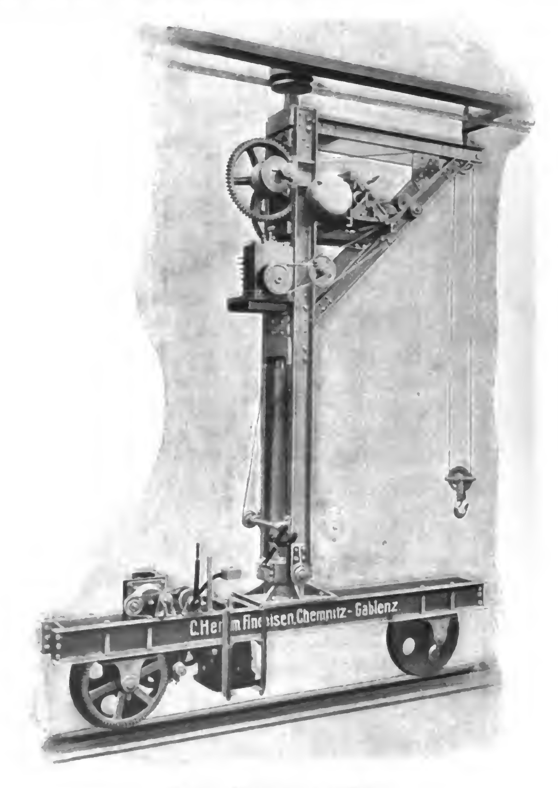


Fig. 195. Velozipedkran. C. Findeisen.

Die Konstruktion ist folgende:

An einem gekapselten Motor sind oben drei Laufrollen angebracht, welche, zwei rechts, eine links, auf dem unteren Flantsch eines Doppel-T-Trägers laufen. Seitlich am Gehäuse des Motors sind zwei Bleche angebracht, welche die Lagerung für eine Welle mit Zahnrad, Brems-

scheibe und Trieb für eine Gallsche Kette bilden. Der Motor kann leer laufen, weil er zwei lose aufgesetzte Räderantriebe besitzt, die einerseits die Laufrollen, anderseits den Gallschen Kettentrieb betätigen können. Zu diesem Zwecke müssen sie mit der Welle des Motors gekuppelt werden können, was abwechselnd mit Hilfe einer elektromagnetischen Kuppelung geschieht. Das Hubwerk ist gegen Ueberlastung mit einer Lastdruckbremse versehen, welche durch den auf eine der drei Laufrollen ausgeübten Druck betätigt wird.

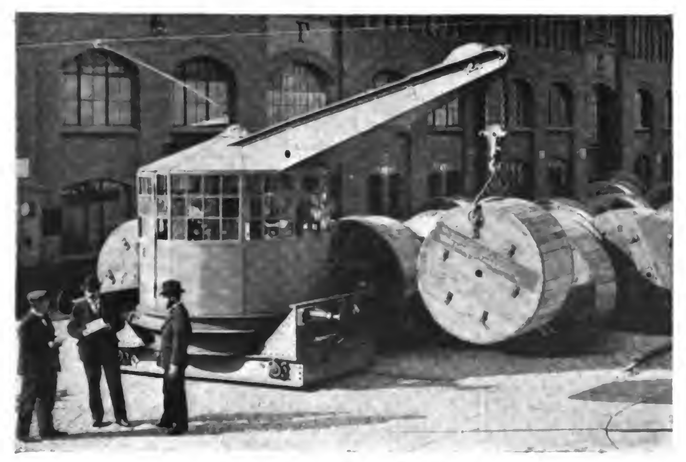


Fig. 196. Fahrbarer Drehkran. A. E.-G.

Diese Winde kann verwendet werden, wenn es sich um oftmaliges Hin- und Herfördern eines einzigen Fördergefässes handelt, wobei die Fördergeschwindigkeit bei leerem Rückgang wegen der Verwendung von Hauptschlussmotoren eine grössere ist, als jene bei Lastförderung. Die Steuerung der Winde erfolgt hierbei von einem festen Punkte aus. Eine praktische Anwendung ist z. B. jene, wo eine entsprechend steife Konstruktion eines Doppel-T-Trägers mittels Drahtseilen vom Bord eines Schiffes an das Ufer gelegt wird und in der denkbar einfachsten Weise die Kohlenversorgung bewirkt.

Man kann auch den Träger mit Laufrollen und einem Fahrmotor ausstatten, wobei die Steuerung von dem festen Punkt beibehalten wird; es entsteht dadurch ein sog. „Baulaufkran“.

Solche Motorlaufwinden ermöglichen es, auf jedem vorhandenen Kran die Hin- und Herbewegung der Last mit elektrischem Antrieb auszustatten, während die Krandrehung bezw. die Längsbewegung desselben und das Heben und Senken der Last von Hand mittels Kettenrad und herabhängender Kette erfolgt. Man kann dann mit Hilfe ganz

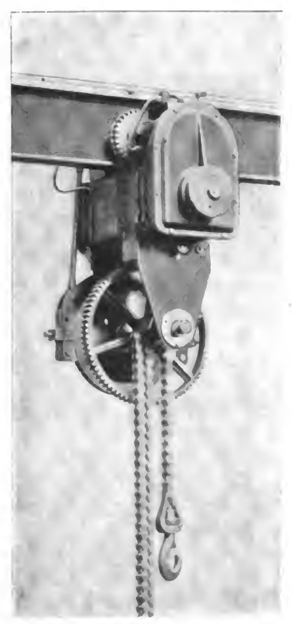




Fig. 197. Motorwinde. Siemens & Halske.



Fig. 198. Motorwinde. Siemens & Halske.

einfach zu montierender Drähte am Kran auch eine vorhandene Elektrizitätsquelle mit Vorteil zum Antrieb verwenden.

Eine solche Motorlaufwinde ist in Fig. 199 und 200 abgebildet, wie sie von der Benrather Masch.-Fabrik A.-G. hergestellt wird. Die Steuerung des Motors erfolgt von unten mittels Kettenrades, und es muss daher der betreffende Arbeiter mit der Last, soweit es ihre Bewegung in horizontalem Sinne betrifft, mitgehen. Sogleich, wenn der Arbeiter die Kette auslässt, wird die Winde selbsttätig abgestellt. Die

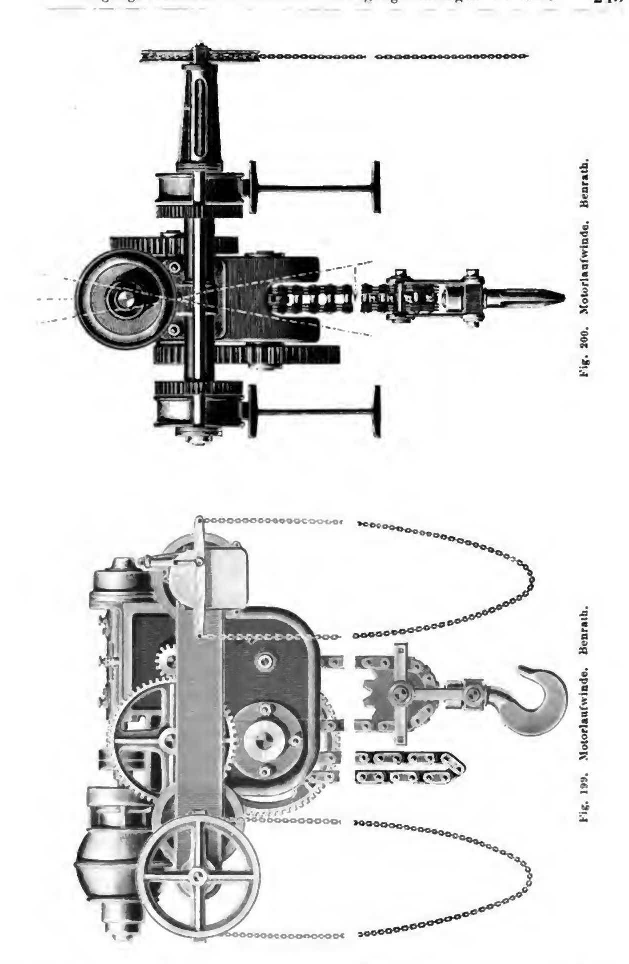


Fig. 200. Motorlaufwinde. Benrath.

Fig. 199. Motorlaufwinde. Benrath.

Winden werden mit Motoren von 1—10 PS. Gleichstrom oder Drehstrom ausgestattet und arbeiten mittels einer Gelenkkette. Um die zufolge schiefen Zuges auftretenden Biegungsspannungen zu paralysieren,

werden die Windwerke im Rahmen der Laufkatze pendelnd aufgehängt und stellen sich selbsttätig in die richtige Lage ein.

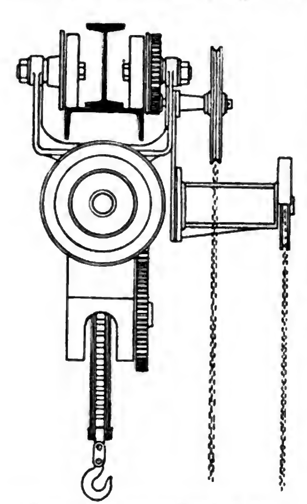


Fig. 201. Besondere Aufhängung der Motorlaufwinde.

Das Schneckenrad ist aus Phosphorbronze, die Schnecke aus Stahl mit gefrästen Zähnen, sie laufen in Oel in einem geschlossenen Gusseisengehäuse. Für die Schneckenwelle kommen Kugellager zur Anwendung. Der Motor ist staubdicht gekapselt. Die Tragfähigkeit liegt zwischen 500 und 20000 kg. Die Arbeitsgeschwindigkeit bei voller Last von 2 m bis 5 m pro Sekunde. Die grossen Laufwinden sind mit Führerstand ausgerüstet.

Wie mannigfach die Anwendungen solcher Motorwinden zur Verladung von Stückgütern sind, zeigen die Figuren 201 und 202. Die letztgenannten Konstruktionen rühren von der Benrather Masch.-Fabrik her.

Bei den eigentlichen Laufkranen fährt der Führer mit.

Der Kranträger besteht, wie die Fig. 203 zeigt (Laufkran von 23 m Spannweite, 80000 kg Tragfähigkeit, Drehstromantrieb, Fabrik Skodawerke in Pilsen), aus genieteter Blech- oder Gitterkonstruktion und ist zufolge der bedeutenden Anforderungen, welche an den Träger gestellt werden, und zufolge der in ihm auftretenden, oft ganz heterogenen mechanischen Spannungs- und Druckverhältnissen sowohl mit Rücksicht auf Spannweite und Last entsprechend kräftig bemessen, als auch seitlich fest versteift, um den schiefgerichteten Beanspruchungen beim Anfahren mit voller Last Widerstand leisten und der Tendenz einer Verdrehung widerstehen zu können.

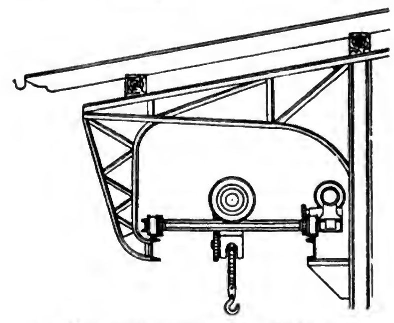


Fig. 202. Besondere Aufhängung der Motorlaufwinde.

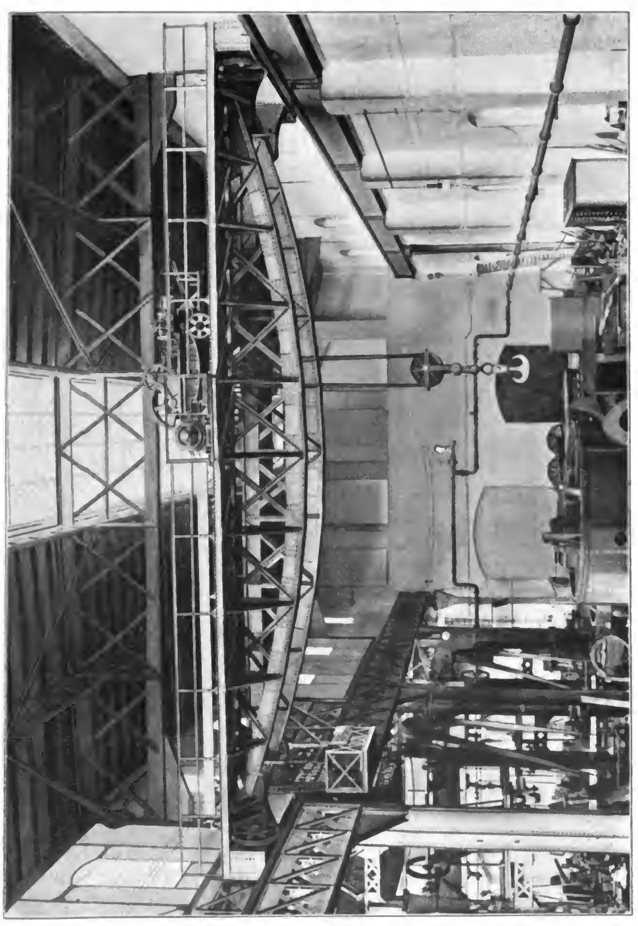


Fig. 203. Laufkran 80 000 ko. Skodawerke Pilsen.

Das Trägersystem ruht an beiden Enden auf vier Rädern und ist mittels derselben auf Schienen hin und her beweglich, die in einer bestimmten Höhe oberhalb des Fussbodens auf Ständern, Säulen oder auf

den Umfassungsmauern des betreffenden Raumes in horizontaler Lage angebracht sind. Die vier Laufräder werden aus Stahlguss angefertigt und sorgfältig gelagert. Zwei einander gegenüberstehende Räder besitzen Zahnkränze, in welche die Getriebe eingreifen, welche von einer längs des Kranträgers gelagerten Welle betätigt werden. Diese Querwelle wird von einem in der Mitte des Trägers angebrachten Fahrmotor (der gegen den Kran feststeht) bewegt, und zwar zumeist mittels Zahnrädern, oft aber auch mit Schneckengetriebe.

Der Träger selbst bildet wieder eine Fahrbahn für sich, auf welcher die sog. Katze sich bewegen kann, und auf der Katze ist ein Windwerk angebracht.

Man hat also hier drei Bewegungen zu unterscheiden, nämlich:

Die Bewegung des ganzen Kranes in der Längsaxe des zu bedienenden Raumes, d. i. die „Fahrbewegung“; die Bewegung der Katze inkl. Windwerk auf dem Träger, d. i. die „Katzenfahrt“, und die Drehung des Windwerkes, d. i. die „Hubbewegung“.

Der in Fig. 203 abgebildete Laufkran der Skodawerke in Pilsen (elektrische Ausrüstung von Kolben & Co., Prag) befindet sich in einer Halle von 84 m Länge; der Kranbalken selbst ist 21 m lang, ein Gitterträger mit parabolischem Untergurt. Die Laufschienen liegen ca. 12 m oberhalb des Fussbodens der Werkstätte.

Mit Rücksicht auf die Tragfähigkeit von 80 Tonnen sind alle wichtigen Teile aus Stahlguss angefertigt.

Zum Antrieb besitzt der Kran drei Elektromotoren (Drehstrom, 330 Volt, 50 Perioden), und zwar zum Heben einen Motor von 50 PS. für 2,25 m Hubgeschwindigkeit pro Minute, zum Katzenfahren einen Motor von 12 PS. bei 12 m pro Minute und zum Fahren mit dem ganzen Kran einen Motor von 30 PS., mit welchem zwei Geschwindigkeiten, nämlich 18 m und 36 m, erreicht werden können.

Die Antriebe bestehen aus Schneckengetrieben mit gehärteten Stahlschnecken und Rädern mit Zahnkränzen aus Phosphorbronze, welche in Oel laufen. Die Wellen laufen in Ringschmierlagern; der Axialdruck wird durch Kugellager aufgenommen.

Zum Bremsen dienen selbsttätige elektromagnetische Bremsen mit Luftpuffern.

Zur Aufnahme des Lastseiles sind die Trommeln der Winde mit spiraligen Nuten versehen, welche auf der Drehbank hergestellt wurden. Der Lasthaken läuft auf Stahlkugeln.

Modern elektrisch ausgestaltete Laufkrane erhalten für jede der drei Bewegungen einen gesonderten Elektromotor; alle drei Elektro-

motoren werden von einem an dem Träger hängenden Kasten aus, dem „Führerkorb“ oder „Führerstand“ (Fig. 204), bedient, welcher sich natürlich mit dem Träger bewegt und es gestattet, dass der Führer stets die Last genau beobachten kann. Gewöhnlich wird der Führerstand an einer Seite des Trägers angebracht und ist von dem Ende der

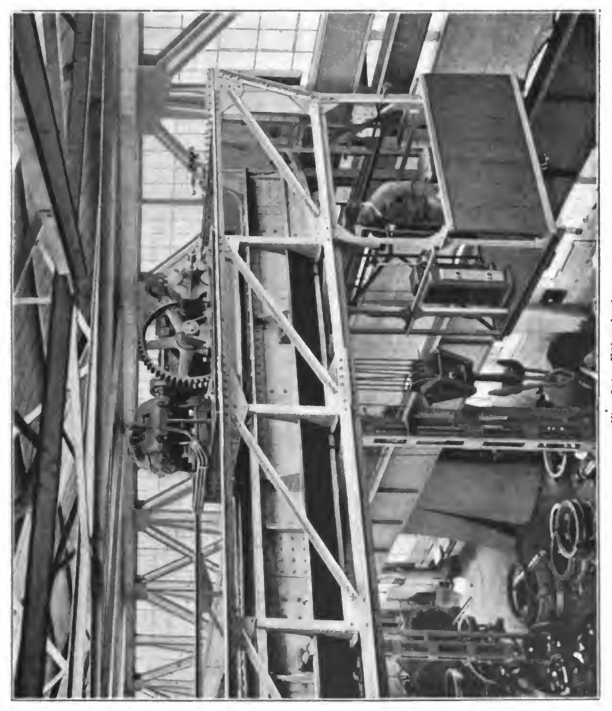


Fig. 204. Führerkorb.

Schienenbahn von oben zugänglich. Es steht aber dem nichts entgegen, den Führerstand auch in der Längsmitte des Trägers anzubringen, von wo die Uebersicht über das Arbeitsfeld noch günstiger ist; es wäre bei kleineren Kranen dann vorteilhaft, dafür Sorge zu tragen, dass der Führerstand derartig einseitig an dem Träger befestigt wird, dass er

die Bewegung des Lasthakens nicht hindert; der letztere wird dann auch den sonst verlorenen Raum vertikal unter dem Führerstande bestreichen können. Bei sehr grossen Kranen sind vier Träger miteinander verbunden und es wird der Führerstand zwischen zwei seitlichen Trägern angebracht (Fig. A. E.-G. 205).

Die Stärke der Motoren richtet sich natürlich nach der gewünschten Leistung bezüglich Last und Geschwindigkeit, aber auch nach dem Gewicht der Trägerkonstruktion, der Spannweite u. dergl. Ein Laufkran für 30000 kg Nutzlast kann z. B. in entsprechender Weise durch

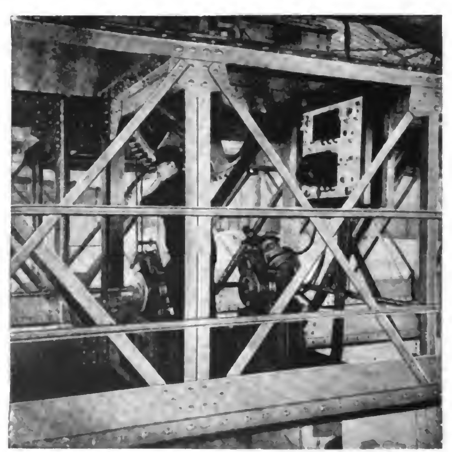


Fig. 205. Führerstand im Laufkran.

einen Kranfahrmotor von 25 PS. bewegt werden. Derselbe ist in der Längsmitte des Trägers angebracht, um mittels einer gemeinsamen Welle und Zahnrädern die beiderseitigen Triebräder anzutreiben, damit die Bewegung des Kranes kein „Ecken" zur Folge hat (Fig. 206, Westinghouse).

Einen ebensolchen Antrieb der Querwelle, welche zur Längsfahrt eines Laufkranes von 25 Tonnen Tragfähigkeit dient, zeigt Fig. 207. Kolben & Co., Prag. Der hierfür verwendete Motor ist ein Drehstrommotor von 9 PS. Ueber die Spannweiten, Leistungen, Spannungen, Kraftbedarf etc. der von der genannten Firma gebauten Laufkrane gibt folgende Tabelle instruktiven Aufschluss:

		Krane für normale Geschwindigkeiten										Speziell für Stahlwerke. Grosse Geschwindigkeit	
Spannweite m		8		10		12		15		17		7	11
Tragkraft T.		3	5	8	10	15	20	25	30	40	50	1	10
Geschw. m p. Ske. bei Volllast	Hub.	4,1	3,2	3,2	3,0	2,2	1,6	1,4	1,4	1,3	1,25	12	25
	Querfahr.	15	10,5	10,5	10	9	8	8	8	8	8	20	45
	Längsf.	40	40	40	42	40	36	36	36	30	30	70	90
Motor-Leistung PS.	Hub.	5	7	9	12	12	14	15	22	25	30	6	35
	Querfahr.	1	1,5	1,5	2	3,5	3,5	4,5	4,5	7	7	1,5	9
	Längsf.	4	4,5	5	7	7	7	11	11	12	12	4,5	14
Gewicht Kgr ca.		7000	9000	11000	13000	17000	21000	26000	30000	34000	42000	5500	16500
Preis kr. ca.		11000	14000	17000	20000	23000	26000	30000	34000	38000	42000	10000	28000

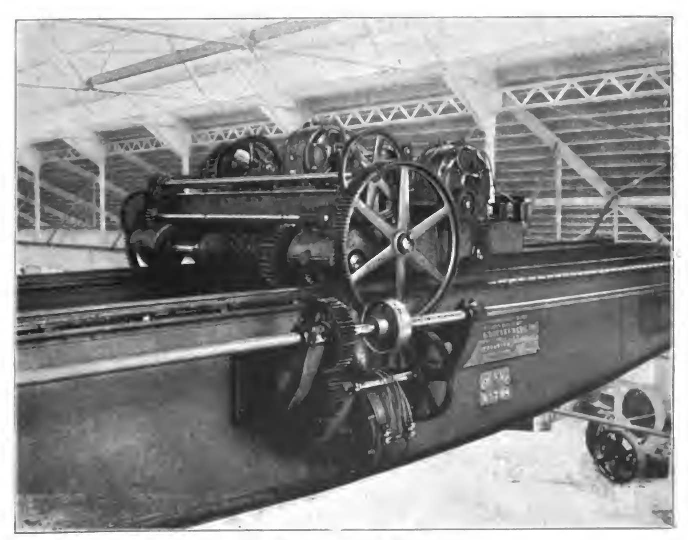


Fig. 206. Anbringen des Fahrmotors.

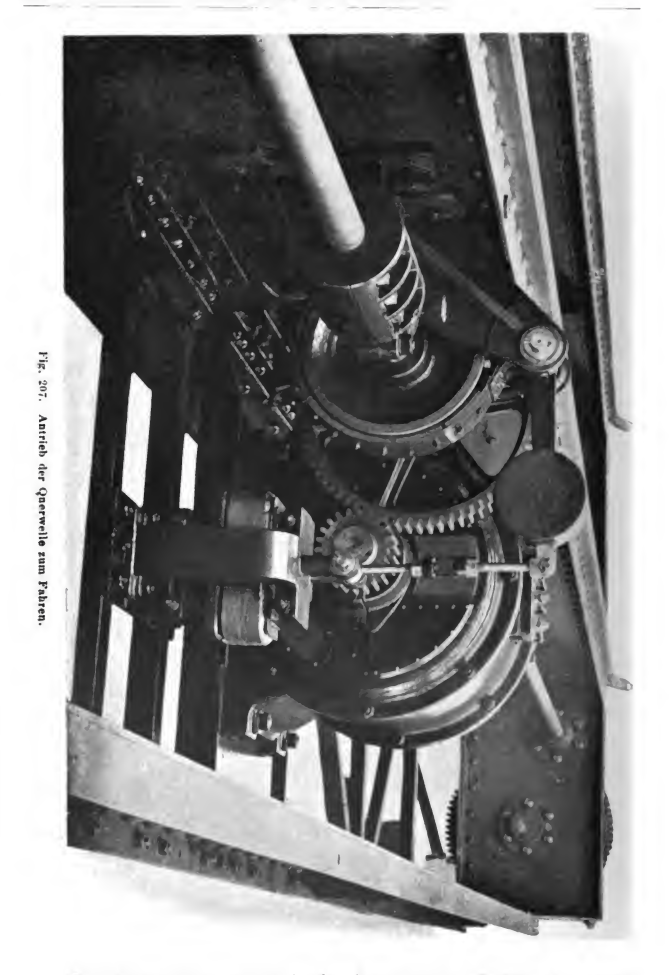


Fig. 207. Antrieb der Querwelle zum Fahren.

Der Katzenfahrmotor ist in der Regel mit 5—6 PS. stark genug, aber der Hubmotor muss stark sein; er hat bei dem besprochenen Kran 25 PS. Um aber auch geringe Lasten mit grossem Güterverhältnis

und rasch heben zu können, versieht man öfter schwere Laufkrane mit Hilfsmotoren geringerer Leistung.

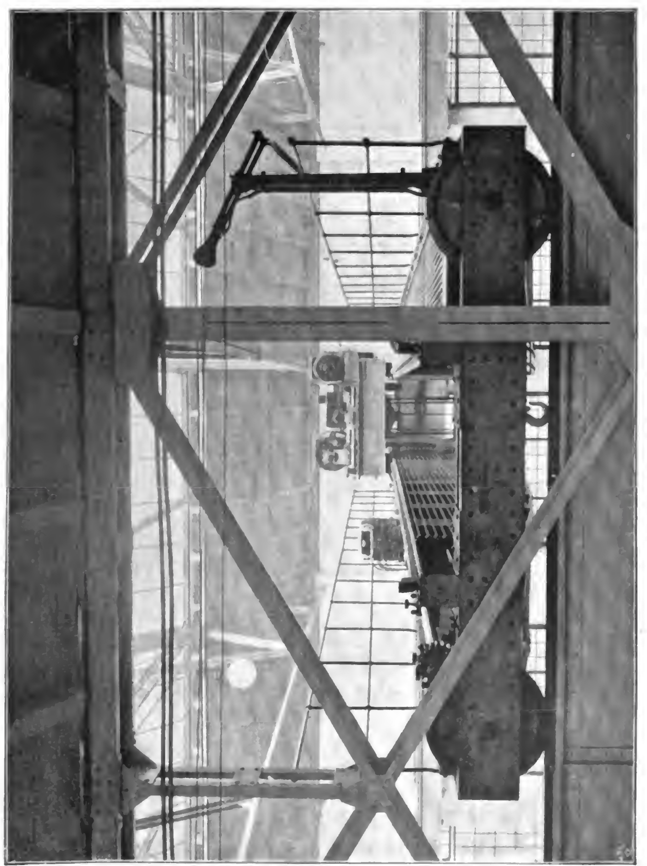


Fig. 208. Katzenfahrmotor. Union.

Die Anbringung des Katzenfahrmotors ist gut auf Fig. 208 und Fig. 209 zu sehen, letzterer einem Westinghousekran, ersterer einem Unionkran angehörig.

Fig. 210 zeigt gleichfalls eine zweckmässige Anordnung, herrührend von der Firma Westinghouse.

Eine Laufkranwinde mit Gleichstrommotoren für einen Kran von 10000 kg Tragfähigkeit, bei welcher alle Teile ausserordentlich übersichtlich angeordnet sind, ist durch Fig. 211 dargestellt; sie rührt von Kolben & Co. in Prag her.

Die Laufräder der Kranwinde werden in ganz analoger Weise gemeinsam angetrieben, wie jene des Kranes selbst. Zum Heben der Last werden Ketten, in neuerer Zeit aber meist Stahldrahtseile verwendet, welche sich auf eine Rillentrommel aufwickeln lassen.

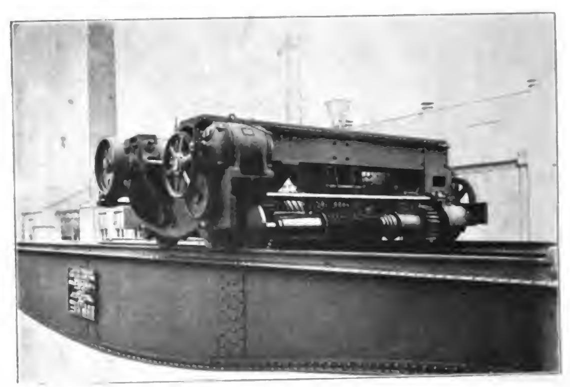


Fig. 209. Katzenfahrmotor. Westinghouse.

Man kann die Winde für das Heben der Last mit doppeltem Zahnradgetriebe ausstatten und gewinnt so den Vorteil, dass man beim Heben verschieden schwerer Lasten verschiedene Hubgeschwindigkeiten anwenden kann.

Grössere Krane stattet man in neuerer Zeit häufig mit zwei Hubmotoren, also im Ganzen mit vier Motoren aus, damit man schwere Lasten mit dem kräftigen Motor langsam, geringere Lasten aber mit dem schwächeren Motor mit grösserer Geschwindigkeit heben kann. Hierdurch wird eine bedeutende Erhöhung der Gesamtökonomie des elektrischen Antriebes von Kranen erzielt.

Eine sehr stattliche Krananlage der Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe, zwei Krane von je 30000 kg Tragkraft übereinander, zeigt Fig. 212, einen Laufkran

von 65000 kg Tragkraft der A. E.-G. (mechanischer Teil von L. Stuckenholz) Fig. 213.

Die Schaltung ist in Fig. 214 schematisch gekennzeichnet und wiederholt sich für alle Motoren in der gleichen Weise, wobei jedoch



Fig. 210. Kranmotorenanordnung. Westinghouse.

die glatten Leitungen 1 zu den Motoren gemeinsam verlegt werden können. Es sind demnach bei Gleichstrom zu den Katzenmotoren 7, wenn aber ein Hilfsmotor verwendet wird, 11 blanke Drähte längs des

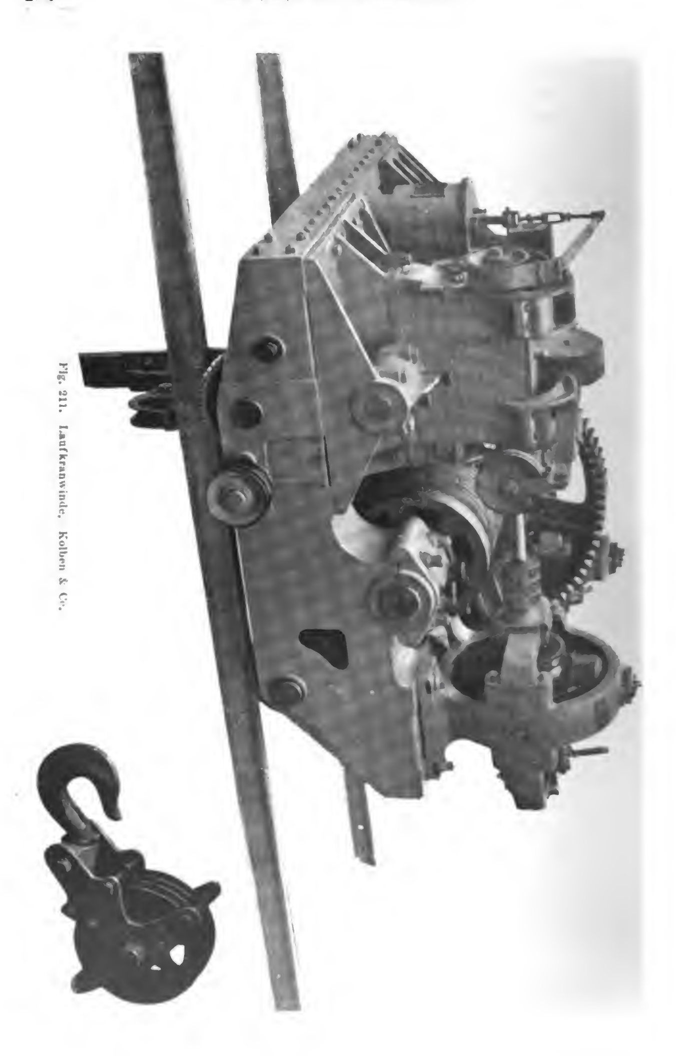


Fig. 211. Laufkranwinde, Kolben & Co.

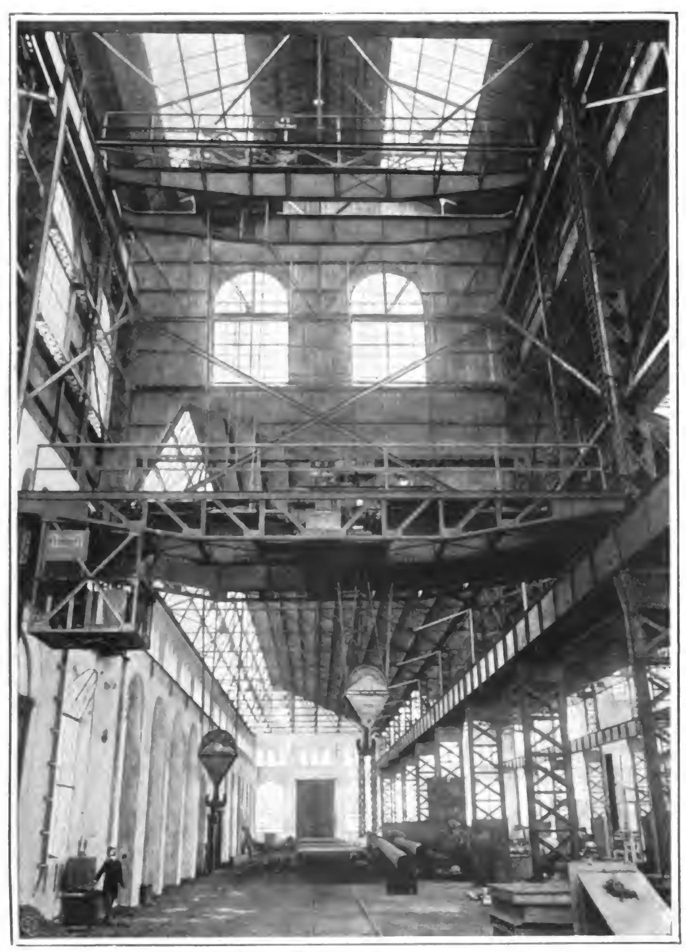


Fig. 212. Kranhalter mit zwei Laufkranen.



Fig. 213. Laufkran mit 65000 kg.

Trägers gespannt, während die vier Drähte für den Fahrmotor als isolierte Drähte unabhängig von den ersteren verlegt werden.

Die Abnahme des Stromes von den beiden bezw. bei Drehstrom dreien, längs der Fahrbahn gespannten Kontaktdrähten erfolgt auf verschiedene Weisen, welche sehr an die Stromabnahmevorrichtungen bei elektrischen Lokomotiven erinnern.

Drei gebräuchliche Ausführungsformen der Union zeigen Fig. 215 mit horizontaler und Fig. 216 mit vertikaler Anpressung des Stromabnehmers an den Draht, Fig. 217, mit Hebung des lose gelegten Drahtes durch Kontaktrollen.

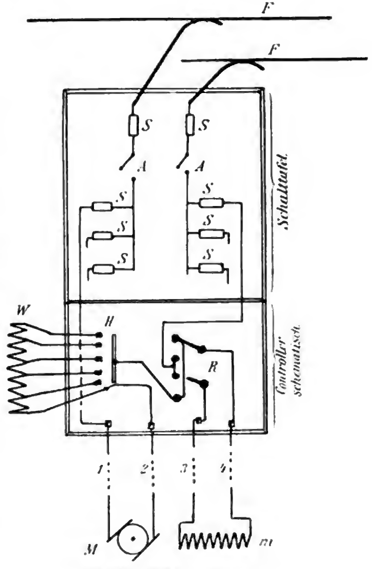


Fig. 214. Schaltungsschema.

In Fig. 215 besteht die Stromabnahme - Vorrichtung aus einem Holzbrett, welches an demjenigen Ende des Krangerippes befestigt ist, welches der Zuleitung zugekehrt ist. Die letztere ist an Hülsen befestigt, welche in Isolierkörpern an der Traverse befestigt sind, die die Fahrbahn des Kranes bildet.

Auf diesem Holzbrett befinden sich zwei (für Drehstrom drei) horizontal gestellte metallene Federgehäuse, aus welchen starke Lockenfedern Stäbe herauszudrücken bestrebt sind, welche in ihren gabeligen Enden die Abnehmerrollen tragen und mit diesen demnach an die horizontalen Zuführungsdrähte angepresst werden. Diese Stromabnahme ist solange einwandsfrei, als die Zuführungsdrähte nicht infolge Ausdehnung durchhängen. In diesem Falle kann es vorkommen, dass die Anpressung und der vorstehende Rollenrand nicht genügen, um ein Herausgleiten der Zuführung aus der Nut des Rädchens zu verhindern, zumal, wenn die Stützpunkte etwas weit gestellt werden.

Dies ist bei vertikal schwingenden Stromabnehmern (Fig. 216) vermieden, dagegen ist hier die Anbringung der Leitungen nicht so

einfach, als im ersten Fall, weil sie unten ganz frei bleiben müssen. Am besten ist diese Aufgabe zweifellos durch die Ausführung Fig. 217 gelöst, wobei zu bemerken ist, dass leider ein Teil des für die Arbeit erforderlichen Raumes unterhalb des Kranträgers zufolge der Anbringung der Leitungen entfällt.

Die Anordnung ist in folgender Weise durchgeführt:

An der Lauftraverse ist eine Konsole aus Winkeleisen befestigt. welche soviele Isolatoren trägt, als Zuführungsleitungen notwendig sind.

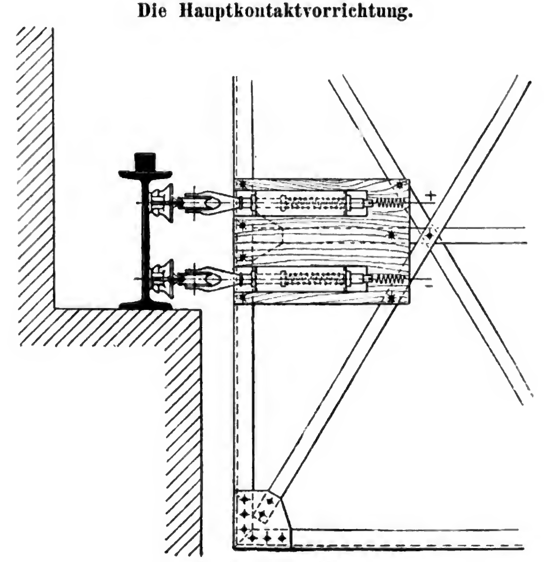


Fig. 216. Horizontaler Stromabnehmer.

Auf den Isolatoren sind metallene Gabeln befestigt, Fig. 218 und 219, in welchen die an den Enden mit Wirbelisolatoren an den Wänden des Gebäudes befestigten Zuführungsdrähte ohne wesentliche mechanische Spannung und ohne Verlötung oder Verschraubung liegen.

Dicht neben den Laufrädern des Kranträgers sind isoliert zwei metallene Nutrollen an dem letzteren angebracht, über welche die Zuleitungsdrähte vor dem Verlegen gezogen werden, so dass sie im allgemeinen in den Gabeln, wo aber der Kran mit den Rollen steht,

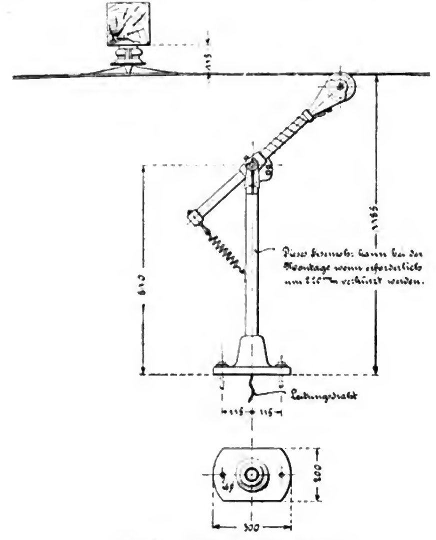


Fig. 216. Vertikaler Stromabnehmer.

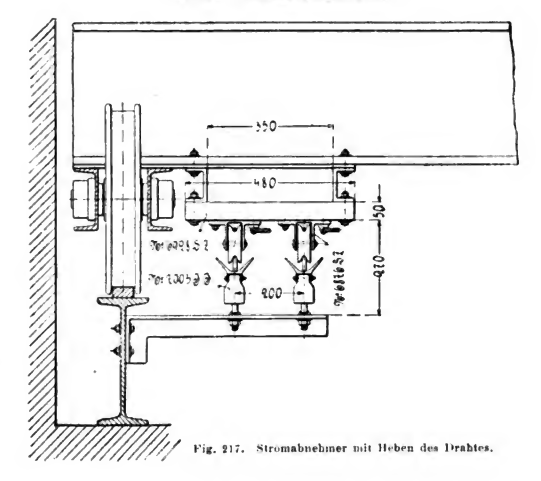


Fig. 217. Stromabnehmer mit Heben des Drahtes.

in den Nuten der letzteren liegen und ohne Federung u. dgl. bloss durch das Eigengewicht der durchaus unverletzten Leitung Kontakt bilden. Bei der Bewegung des Kranes heben die Rollen in der Bewegungsrichtung vor sich den Draht auf und lassen ihn hinter sich in die Gabeln zurücksinken.

Bei der horizontalen Anordnung müssen die Stützpunkte einander näher liegen, als bei der vertikalen, weil sonst zufolge der Durchsenkung des Drahtes der Kontakt bei rascherem Fahren unterbrochen werden könnte. Zweckmässig wird hier die Entfernung der Stützpunkte nicht grösser als 3 m gewählt, während bei vertikaler Anordnung 10 m noch sehr gut zulässig sind.


Fig. 218. Drahtgabel, horizontal.

Fig. 219. Drahtgabel, vertikal.

Eine zweckmässige Anordnung des Stromabnehmers der A. E.-G. zeigt die Fig. 220, welche bis zu 200 Amp. Stromstärke bei 550 Volt Spannung zur Ausführung kommt. Dieselbe besteht in der Anbringung von zwei Rollen auf einer Doppelfeder, so dass guter Kontakt sicher gewährleistet ist. Rollen werden vorgezogen, wenn es sich um Schonung des Drahtes handelt. Wenn jedoch, wie bei Kranen im Freien, die Drähte der Gefahr des Verschmutzens ausgesetzt sind, so wählt man Schleifkontakte, um dieselben während der Bewegung zu reinigen. Ein Schleifkontakt bis zu

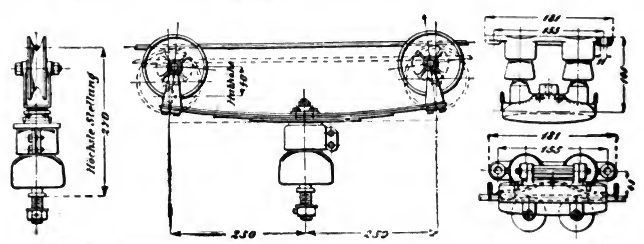


Fig. 220. Stromabnehmer mit Rollen und Feder. A. E.-G. Fig. 221. Schleifkontakt 200 A.

derselben Stromstärke von 200 Amp., mit Graphitschmierung versehen, ist in Fig. 221 dargestellt. Stromabnehmer fürs Freie müssen auf Isolatoren montiert werden, welche aufrechte Glocken darstellen.

Der von den Hauptfahrdrähten abgenommene Strom wird nun zum Führerstand geleitet und dort mittelst Schaltapparaten, Widerständen und Kontroller an die Kontaktleitungen des Kranes selbst geschlossen. Diese liegen an einer geschützten Stelle entweder ausserhalb oder innerhalb des Trägers, oberhalb oder unterhalb des auf demselben befindlichen

Arbeitsganges, und es wird von ihnen der Strom mit den früher geschilderten Abnehmern, welche in vertikaler Reihe an einer von der Katze nach abwärts gehenden oder an derselben seitlich befestigten Holzleiste angebracht sind, zu den Katzenmotoren geleitet.

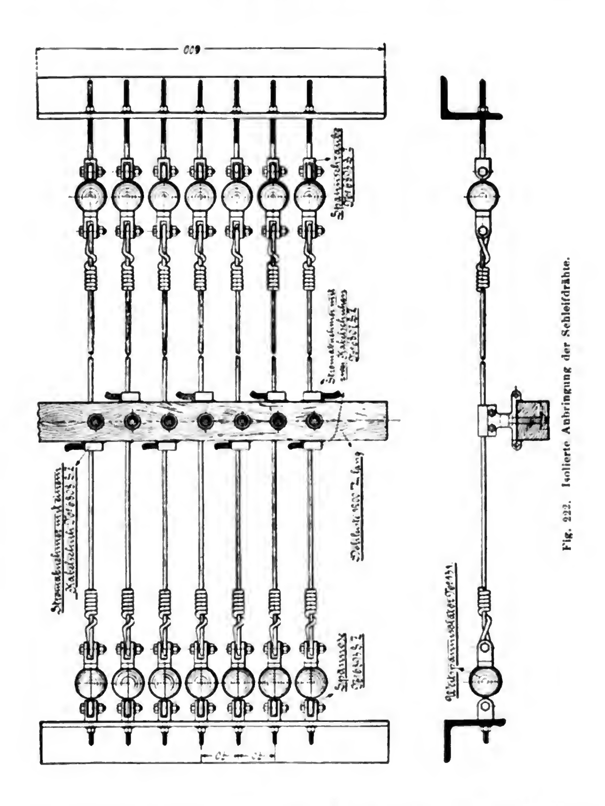


Fig. 222. Isolierte Anbringung der Schleifdrähte.

Die isolierte Anbringung dieser Drähte zeigt Fig. 222 (Union). Wenn man isolierende Hacken (Fig. 223) oder isolierende Spannschlösser (Fig. 224) verwendet, so können die Wirbelisolatoren, welche die freie Drahtlänge verkürzen, erspart werden.

Im Führerkorb sind die Fahrschalter in der durch die Figuren 225 (Gleichstrom) und 226 (Drehstrom) gekennzeichneten Weise disponiert

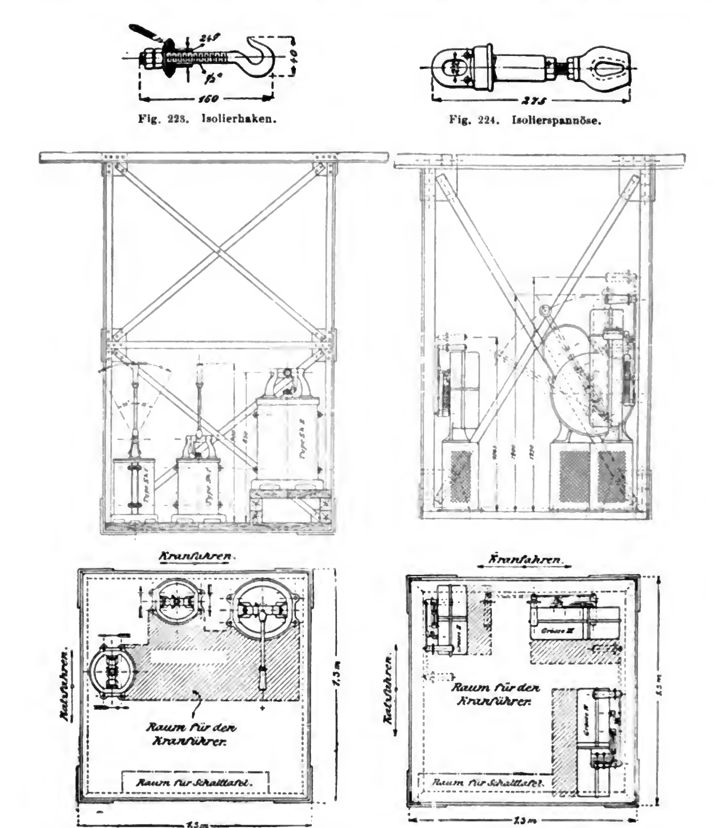


Fig. 223. Isolierhaken. Fig. 224. Isolierspannöse.

Fig. 225. Führerkorb Anordnung für Gleichstrom. Fig. 226. Führerkorb Anordnung für Drehstrom.

(A. E.-G.) und lassen zwischen sich den Raum zur Revision und einen Platz für den Kranführer, der alle erforderlichen Schaltungen ausführen kann, ohne mehr als die Hände zu bewegen.

Um absolut sicher zu sein, dass selbst bei Unachtsamkeit des Führers ein Ueberfahren des Kranes nicht stattfinden kann, was bedeutende Unzukömmlichkeiten mit sich bringen könnte, d. h., dass die Tendenz zur Fahrbewegung aufhört, bevor der Kran seine Endstellungen auf der Fahrbahn einnimmt, wendet man die sogenannten End- oder Grenzausschalter an, welche an der Fahrbahn des Kranes derartig angebracht sind, dass der letztere selbst den Schalthebel betätigt, wenn er die gewünschte oder zulässige äusserste Stellung erreicht hat.

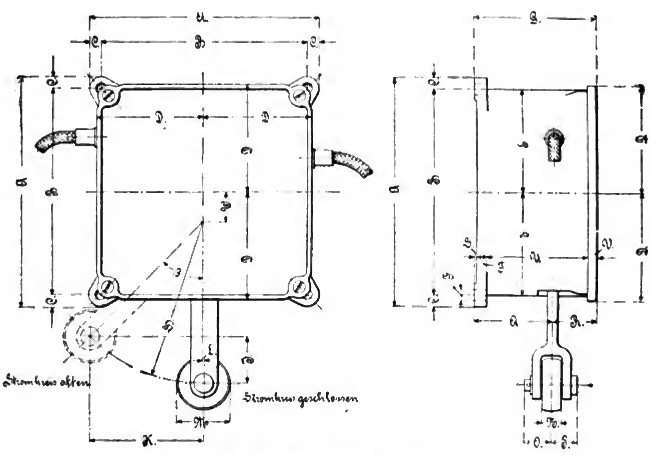


Fig. 227. Endausschalter. Union.

Man kann auch alle anderen Bewegungen der Last selbsttätig begrenzen und muss dann eben für jede Bewegung Grenzausschalter verwenden. Dieselben können an beiden Enden der betreffenden, maximal zu durchfahrenden Strecke oder am Kran bezw. der Katze selbst angebracht sein, erfordern aber auf alle Fälle einen besonders eingerichteten Fahrschalter, damit man selbst bei Unterbrechung der Zuleitung rückwärts, aber auch nur rückwärts fahren und sich also von der Grenzstellung entfernen kann. Ist der Kran aus der Grenzstellung gefahren, so wird der Grenzschalter entweder von Hand geschlossen, oder der Mechanismus desselben bewirkt das Schliessen selbst, sobald die Ursache des Oeffnens beseitigt ist.

Solche Endausschalter sind durch die Figuren 227 (Union) und 228, letzterer mit selbsttätiger Wiedereinschaltung (A. E.-G.) dargestellt, wie sie für 550 Volt und bis 200 Amp. gebaut werden.

Interessant ist die Schaltung eines solchen Kranes mit Hauptschlussmotor zum Kranfahren mit Kurzschlussbremsung, wodurch beim Senken der Last der Motor auf den Hauptstromwiderstand arbeitet, und mit selbsttätig wieder einschaltendem Endausschalter (Fig. 229, A. E.-G.). Hierin zeigt A den Anker, M den Magnet, E den Endausschalter für Hub, B den Bremslüftungsmagnet, F den Funkenlöscher und HW den Hauptstrom - Regulierwiderstand. Das leicht eingezeichnete Viereck stellt den Mantel der Kontrollerwalze vor, jedoch abgewickelt in eine Ebene, die schraffierten Flächen die auf dem Mantel angebrachten Kontakte drehbar nach rechts oder links; die schwarzen Vierecke bedeuten die festen Kontakte und die Bürsten. In der gezeichneten Stellung fliesst kein Strom durch Motor und Kontroller. Denkt man aber die Kontrollerwalze gedreht, so kommen die feststehenden Kontakte mit den verschiedenen Schleifringen und diese wieder mit den Bürsten in Berührung und man kann die Last heben. Bei entgegengesetzter Drehung wird die abwärts gehende Last dadurch abgebremst, dass der Motoranker auf den Regulierwiderstand arbeitet und in denselben bei abgeschaltetem Netz Strom schickt.

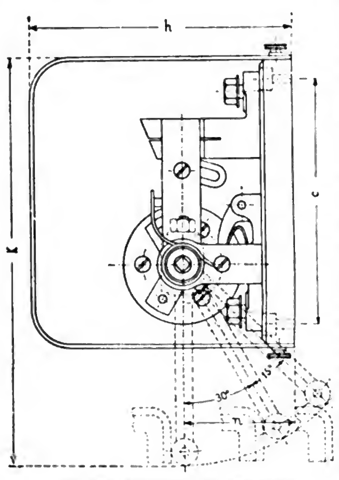


Fig. 228. Endschalter mit selbsttätiger Wiedereinschaltung. A. E.-G.

Man vermeidet es bei elektrischen Kranen, die früher gebräuchlichen Hebetriebwerke mit Selbsthemmung zu verwenden, und bewirkt das Festhalten der Last in einer bestimmten Höhe dadurch, dass man auf das Triebwerk, wenn es ruht, eine Bandbremse wirken lässt. Wenn nun wieder Heben oder Senken der Last stattfinden soll, so muss die Bremswirkung in demselben Augenblick aufgehoben werden, in welchem der Motor die Last übernimmt. Dies geschieht mit Hilfe eines sogen. „Bremslüftungsmagnetes“ (ungenauer „Bremsmagnetes“), welcher mit dem Motor in Reihe geschaltet ist und, gedämpft durch einen

Katarakt, das Bremsgewicht in dem Augenblicke lüftet, als der Motor Strom bekommt.

Die gebräuchliche Anordnung eines solchen Magnetes ist aus Fig. 230, A. E.-G., zu erkennen.

Die Grössen schwanken von einer Leistung von 10 bis 40 kg Zugkraft und 40 bis 100 mm Hub.

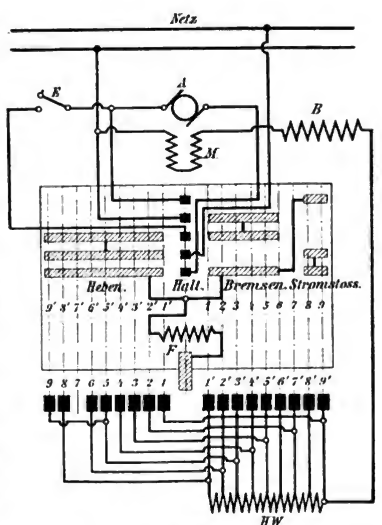


Fig. 229. Schaltung. A. E.-G.

Bei Laufkranen der Elektr.-Ges. Kolben & Co. ist der Führerstand an einem Ende seitlich vom Kranträger angebracht, so dass der Lasthacken auch an dieser Seite bis zur Fahrschiene des Kranes den Raum bestreichen kann.

Fig. 231 ist ein Laufkran der Union in einem Werkhof einer Bahnwerkstätte, welcher auf hochstehender Fahrbahn, die auf Gitterträgern aufgestellt ist, fährt, während Fig. 232 einen Kran der A. E.-G. zeigt, bei welchem die Ständer mit dem Kran vereinigt sind und die Fahrbahn in der Bahnebene liegt. Dieser Kran

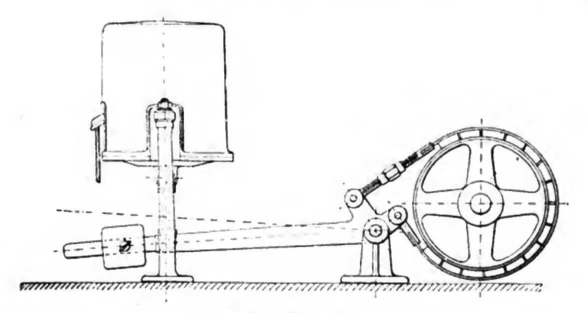


Fig. 230. Bremslüftungs-Magnet.

bildet den Uebergang zu den sogen. Portalkranen, von welchen man Vollportalkrane und Halbportalkrane oder Winkelkrane unterscheidet.

Die Gesellschaft für elektrische Industrie, Karlsruhe baut Laufkrane von der Form Fig. 233, welche an der Laufkatze noch einen drehbaren Ausleger besitzen. Hiermit kann man auch die Nachbarräume des eigentlichen Kranraumes beherrschen. Der abgebildete „Ausleger-Laufkran“ dient für 10 Tons Last, und der Ausleger



Fig. 231. Laufkran. Union.

lädt 6 m ausserhalb des Randes der 7,5 m breiten Kranbahn aus. Der Führerstand ist mit dem Ausleger verbunden.

Imposant durch Dimensionen und Konstruktion ist der Portalkran von 60 000 kg Tragfähigkeit, Fig. 234 (Skodawerke Pilsen).

Dieser Portalkran dient zum Verladen schwerer Geschütze und zu ihrer Montierung auf dem Schiessstand. Seine Stützweite ist 11,5 m. Die Laufschiene der Katzenfahrbahn liegt 10 m oberhalb der Kranlaufschienen.

Er besteht aus einem Kranbock aus Eisenkonstruktion mit kastenförmigem Querschnitt und ist mit einem Wellblechdach versehen.

Das Führerhäuschen hat Glaswände und ist zwischen den Kranfüssen einer Seite eingebaut.

Der Kran enthält drei Elektromotoren (Union, Gleichstrom 220 V.) für die drei Bewegungen.



Fig. 232. Portal-Laufkran. A. E.-G.

Die Stromzuführung geschieht durch ein Kabel. Längs der Fahrbahn des Kranes sind in entsprechenden Abständen Steckkontakte angebracht und ein Kabel vermittelt die elektrische Verbindung zwischen einem derselben und einer Trommel am Kran. Diese letztere vermittelt

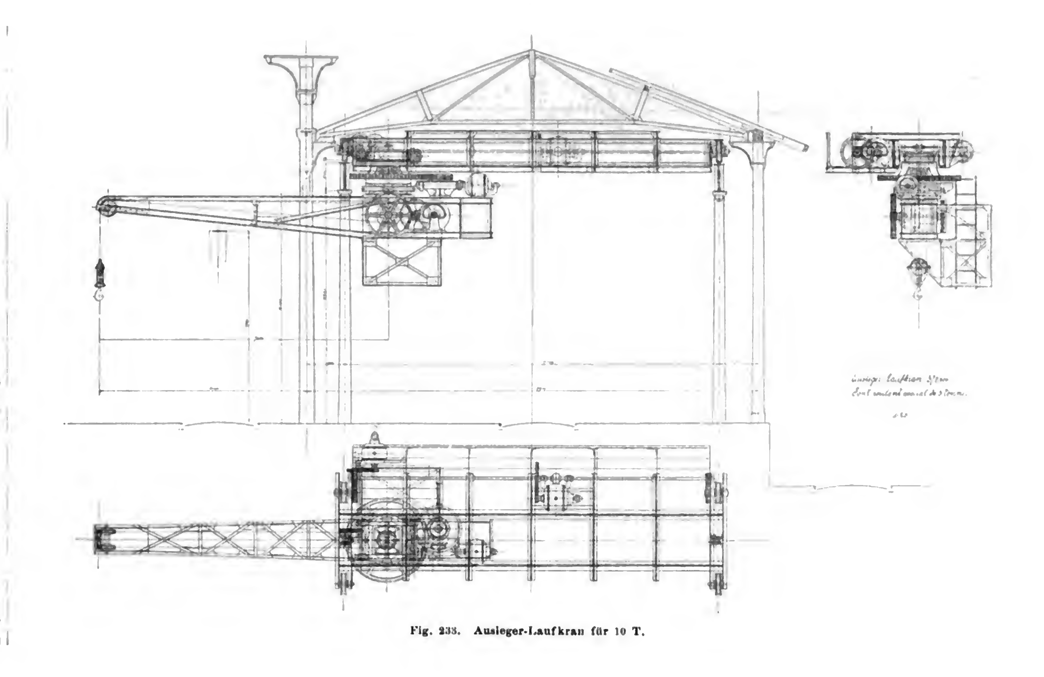


Fig. 238. Ausleger-Laufkran für 10 T.

durch Schleifkontakte den Stromübergang zu den Kontaktleitungen am Kran und dient dazu, die freie Kabellänge immer dem Abstand des Kranes von einem Steckkontakt anzupassen.

In neuerer Zeit werden die Krane ohne festliegende Stromführung und Schleif- oder Rollenkontakte, jedoch mit aufgesetztem Drehkran,



Fig. 234. Portalkran 60 T. Skodawerke.

Portalkrane genannt, bei welchen die Bewegung parallel mit den unten durchlaufenden Schienen nur eine geringe ist, weshalb sie keine schleifende, sondern eine feste Stromzuführung erhalten.

Eine mächtige Kohlenverladebrücke mit festliegenden blanken Stromzuführungen zeigt Fig. 235 (A. E.-G.) und Details Fig. 236.

Eine Dispositionsskizze der Kohlenverladeanlage am Karlsruher Rheinhafen gibt Fig. 237. Man sieht links die Stromzuführung zu dem

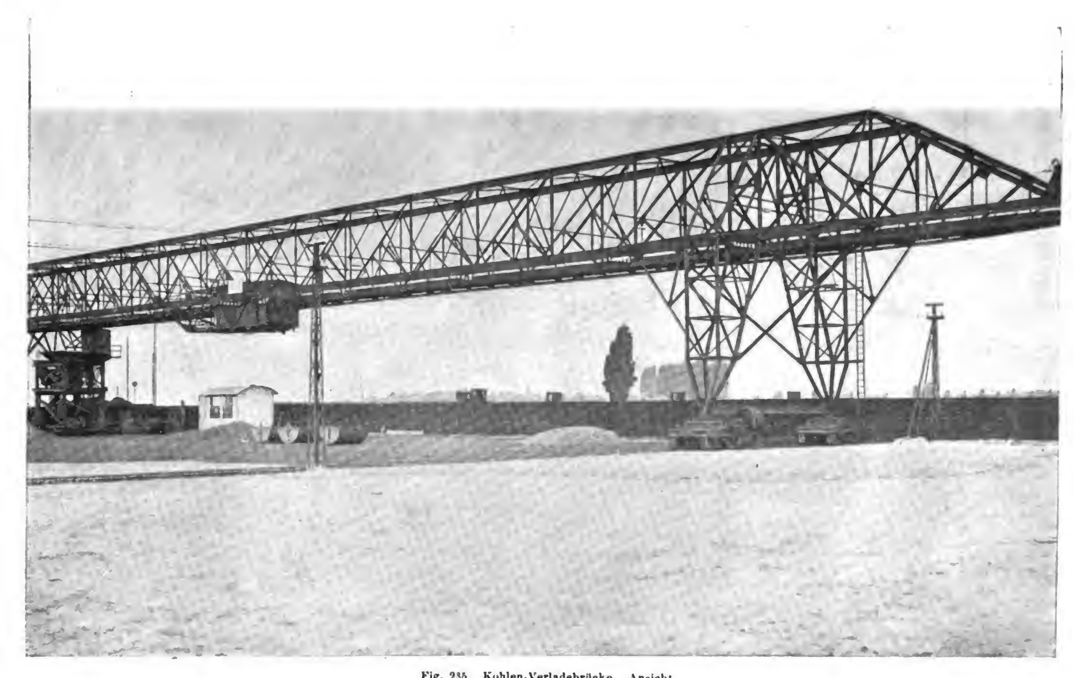


Fig. 235. Kohlen-Verladebrücke. Ansicht.

Fig. 236. Kohlen-Verladebrücke. Detail.

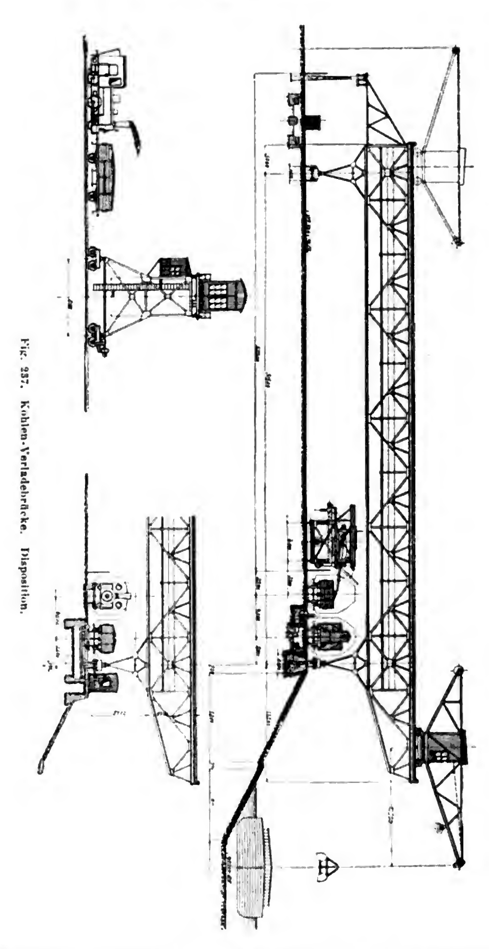


Fig. 237. Kohlen-Verladebrücke. Disposition.

langen Portalkran, auf welchem als Laufkatze ein Lokomotiv-Drehkran sich hin und her bewegen kann. Während die Geschwindigkeit, mit der der Kran, überdies nur selten, parallel mit dem Ufer bewegt wird, eine

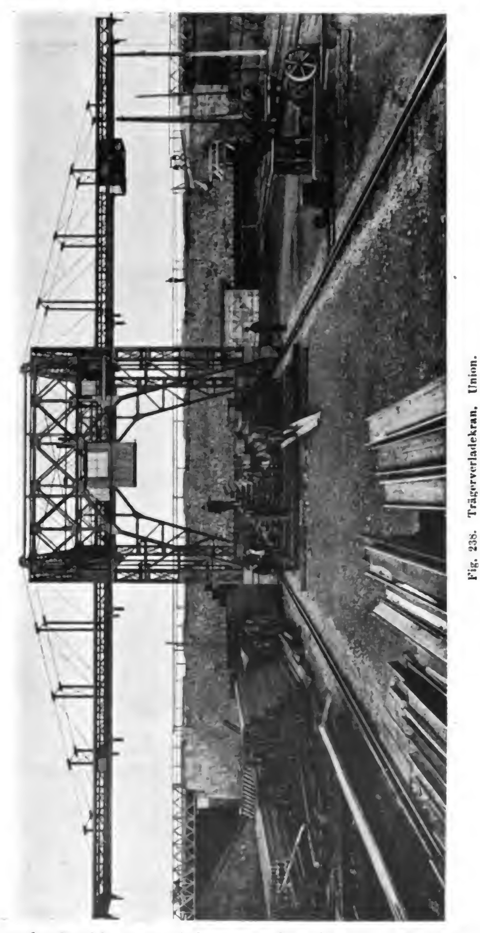


Fig. 238. Trägerverladekran. Union.

sehr kleine ist, muss der Drehkran rasch laufen und auch rasch schwenken und heben.

Der Träger-Verladekran der Union, Fig. 238 und 239, im Betrieb in der Kaiser Franz Josef-Hütte in Trzynietz, O.-Schl., besteht

eigentlich aus 2 Portalen, welche durch Gitterträger versteift sich, einander parallel, auf ihrem Gleise bewegen. In der Mitte der Gitterträger

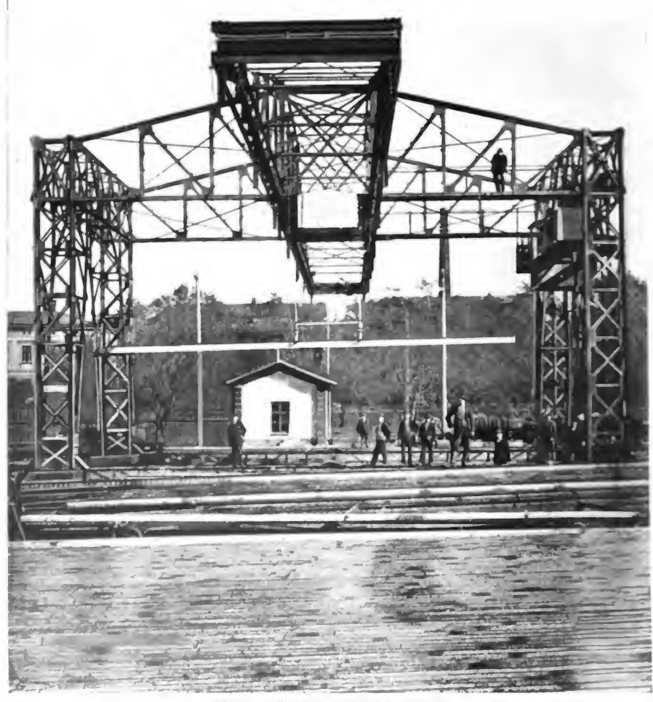


Fig. 239. Trägerverladekran. Union.

befindet sich senkrecht auf die Gleisrichtung die eigentliche Kranbrücke, welche beiderseits über die Portale um ca. 16 m frei hinausragt. Die

ganze Spannweite ist 45 m lang, die Tragkraft beträgt 2500 kg. Der Strom ist Drehstrom mit 300 Volt Spannung. Zur Verwendung kommen Induktionsmotoren. Die Bewegung des ganzen Kranes erfolgt mit 1 m

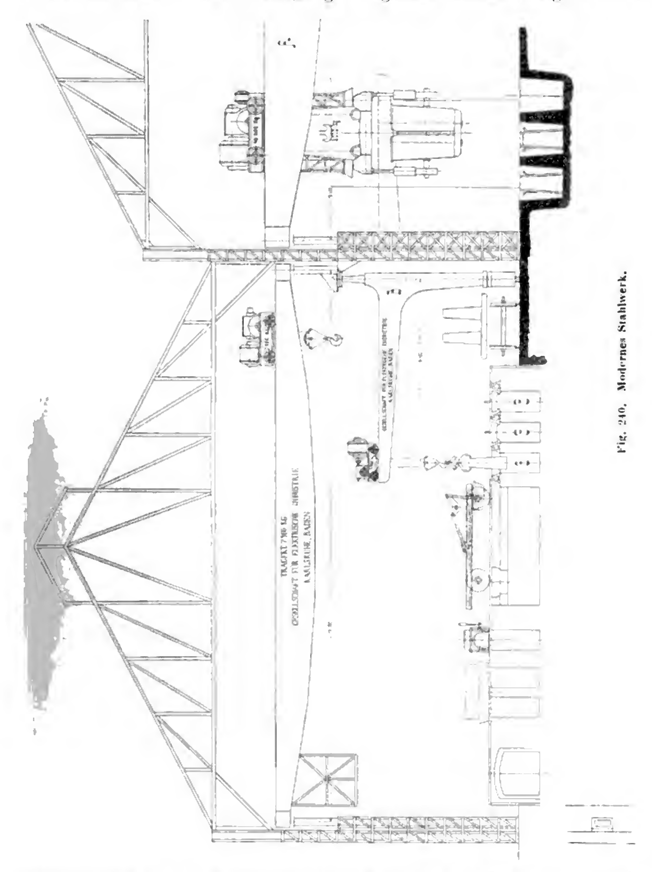


Fig. 240. Modernes Stahlwerk.

Geschwindigkeit pro Sekunde und wird durch einen Motor von 45 PS bewirkt; die Katzenfahrt geschieht mit 2,7 m, der Hub mit 0,3 m, beide mitttelst Motor von 22,5 PS Leistung.

Nicht ohne Interesse dürfte die übersichtliche Anordnung der Einrichtung eines modernen Stahlwerkes sein (Fig. 240. Gesellsch. f. elektr. Industrie, Karlsruhe). Der rechts verzeichnete Giesskran hat 40 Tonnen Tragfähigkeit, der als Velozipedkran ausgebildete Ingotkran 3,5 Tonnen. Ein Blockkran von 7,5 Tonnen beherrscht die eine Hütte. Ein Deckelhebewagen von drei Tonnen vervollständigt die ganze Einrichtung.

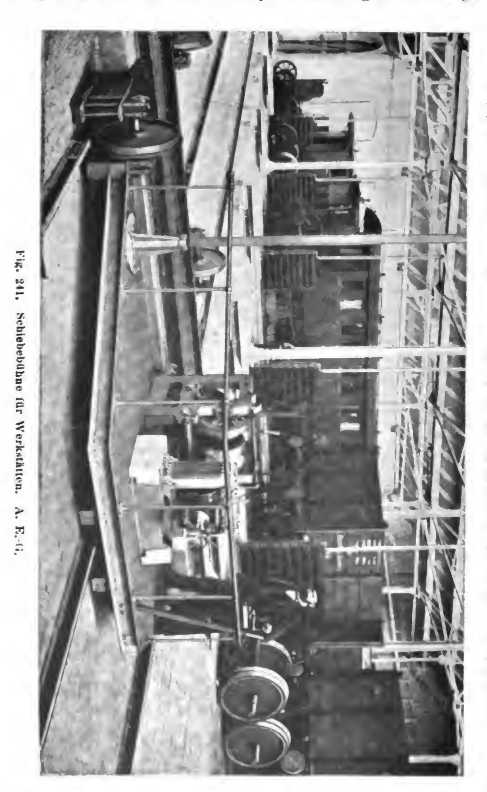


Fig. 241. Schiebebühne für Werkstätten. A. E.-G.

c) Die Schiebebühnen.

Man kann dieselben zwar als Fuhrwerk auffassen, welches sich nur innerhalb geringer Grenzen geradlinig hin und her bewegt; ihre Einreihung unter die Gattung der Bewegungsmaschinen ist aber gerechtfertigt, wenn man sie als Laufkrane auffasst, welche in der Höhe des Bodens oder nicht viel höher der sehr bedeutenden Last eine Bewegung nur in einer einzigen, positiv und negativ horizontalen Richtung erteilen.

Ihre Konstruktion ist bekannt.

Die Stromzuführung kann oberhalb gelegen sein oder durch die Laufschienen erfolgen. In beiden Fällen wird nun ein Elektromotor

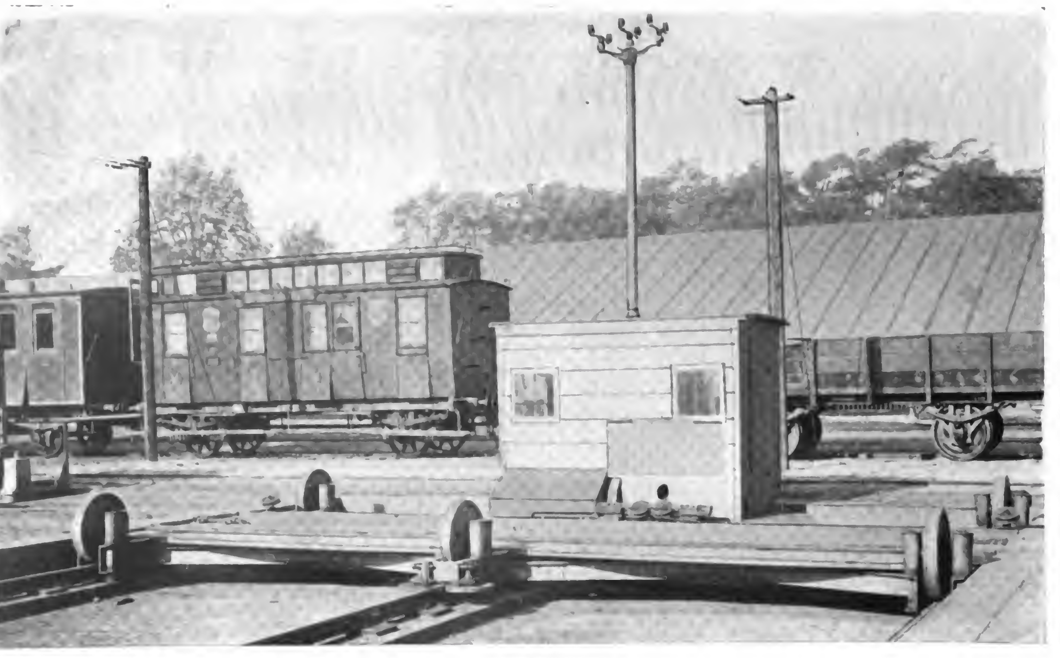


Fig. 242. Schiebebühne für Höfe. A. E.-G.



Fig. 243. Schiebebühne, Lahmeyer. Ansicht.

mit Fahrkontroller und Reversiervorrichtung angewendet und die Unterbrechung des Stromes an den Enden der Bahn bei Ueberfahren bestimmter Grenzpunkte selbsttätig bewirkt.

Uebersichtliche Skizzen von Schiebebühnen der A. E.-G. sind in Fig. 241 für Werkstätten und 242 für Werkhöfe dargestellt. Auf ersterer ist Motor-, Schnecken- und Zahnradantrieb, Arretierung, Regulierung und Stromzuführung deutlich erkennbar, auf letzterer ist alles im Führerhaus eingeschlossen und nur die Stromabnehmer zu sehen.

Da die Geschwindigkeiten ziemlich geringe sind, so genügt oft eine löffelförmige Stromabnahmevorrichtung bei Anwendung von Hochleitung.

Fig. 243 ist eine Schiebebühne von Lahmeyer für Transport von Lokomotiven.

Die Figuren 244, 245 und 246 haben in Form der Uebersichtszeichnung eine Schiebebühne zum Gegenstand, welche gleichfalls von der Firma Elektr.-A.-G. vorm. Lahmeyer & Co., Frankfurt, herrührt.

Die Stromzuführungen ähneln entweder jenen bei elektrischen Bahnen oder jenen bei Laufkranen.

Als besonderer Vorteil der Schiebebühnen mit elektrischem Antrieb kann die Genauigkeit gelten, mit welcher das Gleisestück auf der Bühne sich an die beiderseits fortlaufenden Gleise anschliessen kann, da die Schiebebühne ohne Schwierigkeit an einem bestimmten Punkt plötzlich angehalten werden kann. Dies wird mit Hilfe des Elektromotors, bzw. durch Kurzschlussbremsung desselben bewirkt.

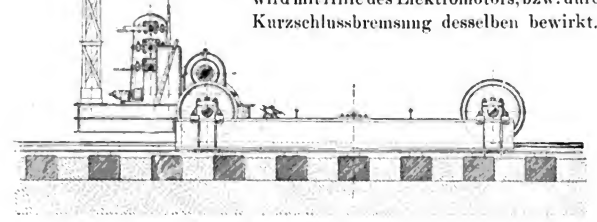


Fig. 244. Schiebebühne. Aufriss.

Ein fahrbarer „Rolltisch“ zum Bedienen einer Walzenstrecke, welcher von den Schuckertwerken herrührt, ist in Fig. 247 dargestellt; er dient zum Transport des Walzgutes vor den Walzenstrassen, und zwar in einer Richtung parallel mit den Walzen, und vereinigt einen der später zu beschreibenden Rollgänge mit einer Schiebebühne. Derselbe besitzt zwei Motoren, von denen einer das Fahren des ganzen Tisches bewirkt, während der andere die Rollen antreibt, jeder 60 PS. leistet, und mit Drehstrom betrieben wird.

In ganz analoger Weise, jedoch mit Beschränkung der Bewegung

auf die horizontale **D r e h u n g**, sind die elektrischen **D r e h s c h e i b e n** konstruiert.

Fig. 248 ist das Bild einer solchen.

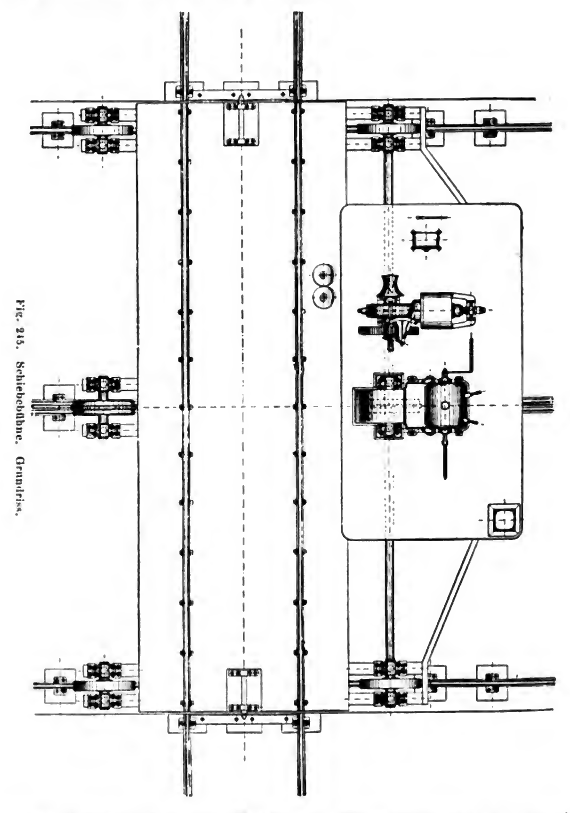


Fig. 245. Schiebebühne. Grundriss.

Der Unterschied in dem Zweck der Drehscheibe und der Schiebebühne ist der, dass bei der letzteren Waggons und Lokomotiven von einem Gleise auf ein anderes, zu dem ersteren parallel gelegenes gebracht werden, während bei den ersteren die Beförderung auf ein Gleise die Aufgabe ist, welches das erstere Gleise schneidet, oder ein g ä n z-

liches Umdrehen einer Lokomotive gewünscht wird. Beide Arten der Förderungsmittel kommen sowohl im Eisenbahnwesen als auch im Hüttenbetrieb vor. Bei der Wahl der Betriebskraft kommt es nicht so sehr darauf an, welche Arbeit gewünscht wird, sondern mehr darauf, ob diese Arbeit in längerer oder kürzerer Zeit geleistet werden muss. Die einfache Arbeit kann auch an Handwinden mit grossen Uebersetzungen geleistet werden, wenn aber diese Leistung in kurzer Zeit und etwa auch relativ oft gefordert wird, so empfiehlt sich eine andere Kraftquelle und als diese vorwiegend die Elektrizität.

Die Motoren und Fahrschalter können leicht auf der Drehscheibe angebracht werden. Die Stromzuführung kann hier aber nicht, wie bei den Schiebebühnen oberirdisch oder unterirdisch erfolgen, sondern es ist die erstere Zuführungsart ausgeschlossen.

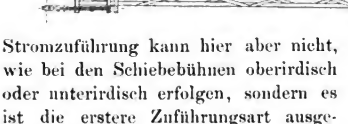


Fig. 216. Schiebebühne. Kreuzriss.

Die abgebildete Drehscheibe rührt von der Maschinenfabrik Windhoff & Co. in Rheine her und ist von der E.-A.-G. Lahmeyer in Frankfurt mit den erforderlichen elektrischen Teilen ausgestattet.

II. Krane mit ortsveränderlicher aber nicht stetig veränderter Stromzuführung.

d) Drehkrane.

Den Typus jener Krane, welche die Ortsbewegung der Last durch Veränderung der Stellung eines Teiles der Maschine bewirken, während diese selbst als Ganzes vorwiegend und wenigstens bei der Manipulation fest stehen bleibt, repräsentieren die Drehkrane. Sie haben eine Stromzuführung (meist biegsames Kabel und Anschlüsse), welche zwar an verschiedene Stellen gebracht werden kann, während des Arbeitens aber feststehend bleibt; die Krane selbst

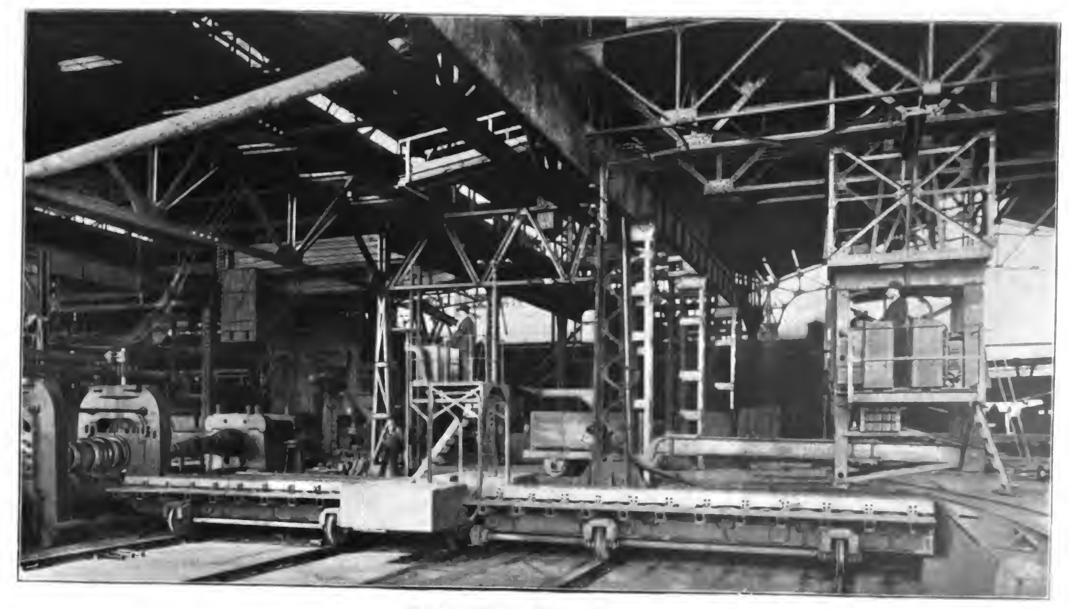


Fig. 247. Fahrbarer Rolltisch. Schuckert.

sind entweder feststehend oder fahrbar, in letzterem Falle aber ohne Elektromotor für die Fahrbewegung.

Hierbei sind natürlich nur zwei Motoren anzuwenden, einer für das Drehen des Armes (Schwenken), einer für das Heben der Last. Nur im Falle der Anwendung eines horizontalen Auslegers mit Laufkatze ist auch für die Bewegung der letzteren ein Motor vorzusehen.

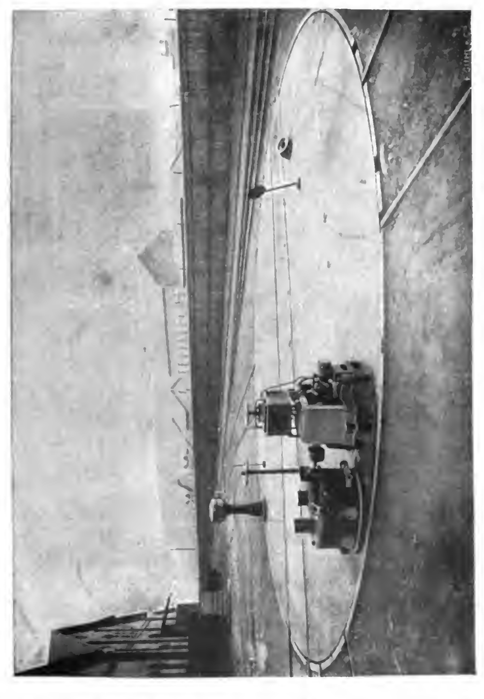


Fig. 248. Drehscheibe.

Da die Drehkrane stets aus einem feststehenden oder wenigstens hinsichtlich der Bewegung der Last als feststehend zu betrachtenden Teil und aus dem auf demselben drehbaren Teil bestehen, so wird naturgemäss der Strom dem ersteren zugeführt. Der Anwendung von Freileitungen steht nichts im Wege, zumeist werden aber unter dem Erdboden verlegte Kabelleitungen angewendet. Bei feststehenden Dreh-

kranen werden die Leitungen direkt zu den Anschlüssen geführt, bei beweglichen Drehkranen aber zu entsprechenden, in der Erde versenkten Kästen, von welchen aus eine Verbindung mit dem Unterteil des Drehkranes durch biegsame Kabel hergestellt wird.

Man kann unter diesen Kranen noch eine Unterscheidung machen, je nachdem dieselben eine horizontale Fahrbahn besitzen, wie dieselbe am Laufkran vorkommt, oder ob ein drehbarer Arm besteht, welcher zur Horizontalbewegung der Last in einer Linie gegen den Kran eine wippende Bewegung zu machen hat. Erstere Krane sind natürlich mit Laufkatze versehen, deren Bewegung oft gleichfalls mit Hilfe des



Fig. 249. Zapfendrehkran. Lahmeyer.

Stromes, zumeist aber mit Handwinde bewirkt wird, das vom Boden aus mittels Kette angetrieben wird.

Ein solcher Kran, dessen horizontale Fahrbahn wegen des Lasthakens nur einseitig der Drehspindel zur Ausnützung kommt, weshalb auch die zur Stromzuführung zum Katzenfahrmotor erforderlichen Drähte nur auf der einen Seite erforderlich sind, ist von der Firma Lahmeyer in Frankfurt hinsichtlich des elektrischen Teiles, von der Firma Bechem & Heetmann, Duisburg, hinsichtlich des konstruktiven Teiles ausgeführt und dient als Ingotdrehkran (Fig. 249). Derselbe ist mit Drehstrom betrieben; es ist ein 5pferdiger Motor für die Drehbewegung, ein 16pferdiger für die Hebbewegung und ein 3pferdiger für das Fahren

der Laufkatze vorhanden. Der Führerstand ist am Kran in Form eines Mastkorbes befestigt und kann vom Boden aus durch eine kurze mitbewegte Treppe erreicht werden. Der Kran ist aus Gitterwerk, der Motor für die Drehung im Ausleger untergebracht, von wo aus der Antrieb mittels Zahnradvorgelege auf die Kransäule erfolgt. Die Kontroller befinden sich auf dem Führerstand; es sind deren drei vorhanden.



Fig. 250. Giessereidrehkran. 7500 Ko.

Ein Giessereidrehkran der Firma Becker, Berlin, elektrische Einrichtung gleichfalls von Lahmeyer, Frankfurt, mit 7500 kg Tragkraft, mit fahrbarer Katze ist in Fig. 250 dargestellt.

Einen feststehenden Uferdrehkran zeigt Fig. 251 (A. E.-G.). Fig. 252 ist das Bild eines feststehenden Verladedrehkranes der Firma Zobel, Neubert & Co. in Schmalkalden mit Lahmeyer, Frankfurt, 7500 kg Tragkraft, 3,5 m Ausladung, der sich vorzüglich für grössere Hüttenwerke und grössere Eisenbahnstationen eignet.

Aus der Dispositionszeichnung, Fig. 253, ist ein fahrbarer Hafendrehkran von 4000 kg Tragkraft, 14 m Ausladung, 20 m Hubhöhe, gut zu ersehen. Die Bewegung des Kranes parallel zum Ufer kann nur



Fig. 261. Feststehender Uferdrehkran. A. E.-G.



Fig. 252. Feststehender Verladedrehkran. Lahmeyer.

Fahrbarer Drehkrahn mit elektr. Antrieb.

Tragkraft: 4000 kg

Ausladung = 14,00 m

Hub = 20,00 m

Fig. 253. Fahrbarer Hafendrehkran.

wenige Meter weit bewirkt werden; die bezüglichen Fahrschienen sind auf Betonsokeln (Eisen armiert) aufgelegt. (Gesellschaft für elektr. Industrie, Karlsruhe).

Ein oben erwähnter „Erdanschlusskasten“ hat die in Fig. 254 dargestellte Form und Konstruktion für 200 Amp. bei 550 Volt. Der zylindrische Oberteil ist ausser Gebrauch durch einen übergreifenden und das Eindringen von Feuchtigkeit hindernden Deckel abgeschlossen, dessen Platz bei Benützung ein ebenfalls als schliessender Deckel ausgebildeter Anschlusskontakt (Fig. 255, A. E.-G.) einnimmt, von welchen die biegsamen Kabel ausgehen. Der Anschlusskasten dient für eine Abzweigung, wenn das verlegte Kabel noch weiter geht; für die Endpunkte der Leitung kommen auch einseitige Endmuffen in Verwendung. Die Deckel sind mit dem Bodenpflaster eben zu stellen.

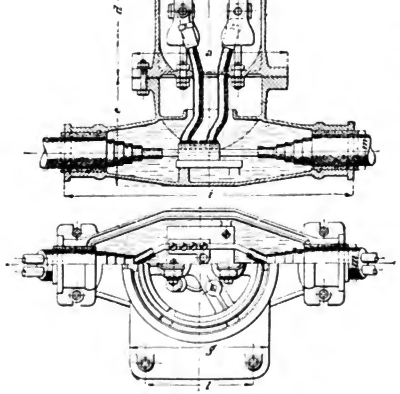


Fig. 254. Erdanschlusskasten.

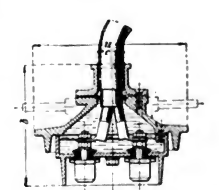


Fig. 255. Anschlusskontakt.

Für fahrbare Drehkrane, welche entlang einer Mauer eines Magazingebäudes oder Kais bewegt werden können (Fig. 256 und 257, A. E.-G.), werden Anschlüsse an der Mauer montiert, in welche die Leitung entweder als Kabel von unten oder als Freileitung von oben eingeführt wird. Das biegsame Doppel- oder Dreifachkabel wird auf einer Kabeltrommel aufgewickelt, welche am Kran angebracht ist und, wenn erforderlich, mittels Schleifringen und Bürsten den Strom dem Führerstand zuführt, gleichgültig, in welcher Entfernung vom Anschluss der Kran sich befindet.

Es ist nun zwar zulässig aber nicht zweckmässig, weil es die Bewegungen des Kranes und die Manipulationen mit der Last hindert,

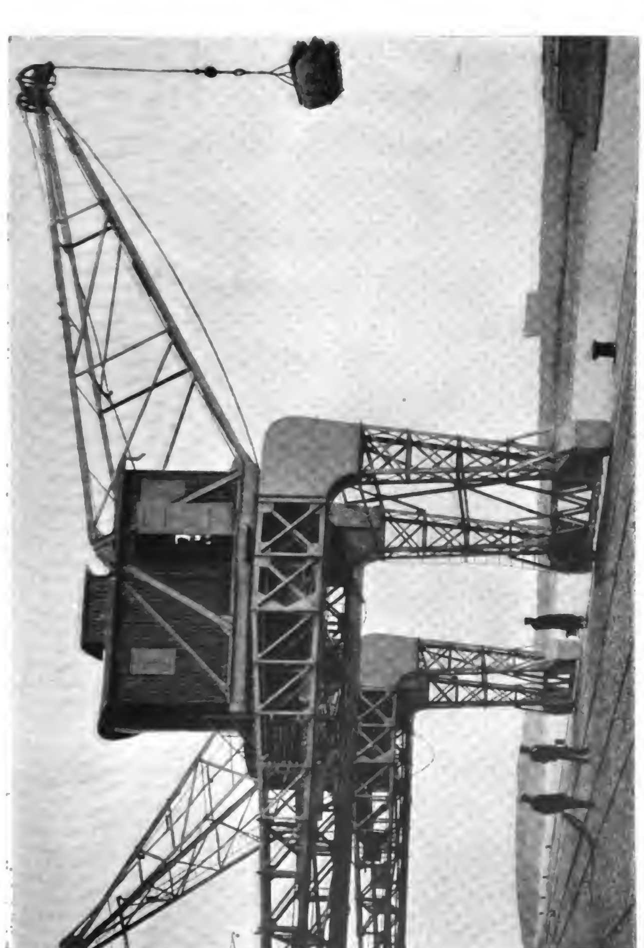


Fig. 256. Halbportaldrehkran.



Fig. 257. Portaldrehkran.

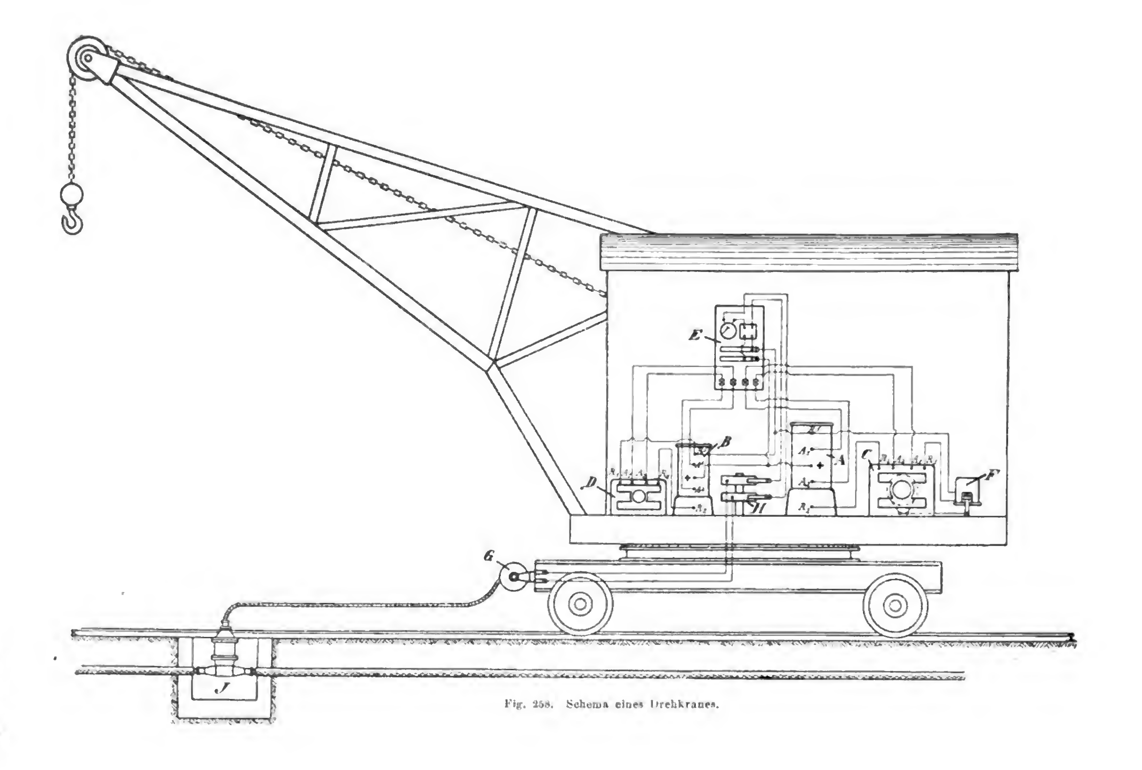


Fig. 258. Schema eines Drehkranes.

das biegsame Kabel an den drehbaren Teil anzuschliessen. Man disponiert daher den Kran so, wie dies schematisch in Fig. 258 (A. E.-G.) und konstruktiv in Fig. 259 (Union) dargestellt ist; an der Kransäule oder an dem verlängerten Drehzapfen sind Schleifringe angeordnet, welche eine durchaus zweckmässige Leitung des Stromes in allen Stellungen des Kranes zu allen Schaltapparaten geradeso ermöglichen, als ob der Kran still stände und eine absolut starre Stromzuführung besässe.

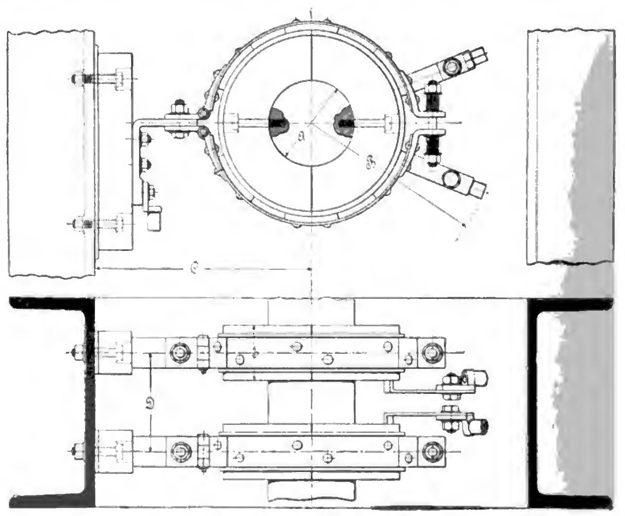


Fig. 259. Kontaktvorrichtung für einen Drehkran.

Beispiele von schönen Drehkrantypen sind die folgenden:

Fig. 260 ist ein „Uferkran" der Benrather Maschinenfabrik, mit elektrischer Einrichtung von der Union, mit einer Tragfähigkeit von 20 Tons und einer Ausladung von 7,5 m. Derselbe ist eingerichtet für Betrieb mit Gleichstrom von 220 Volt Spannung. Er besitzt drei Motoren, und zwar zum Heben einen Motor von 25 eff PS., zum Drehen und Katzenfahren je einen Motor von 12 eff PS. Durch das Gittergerüst ist die stählerne Kransäule zu erkennen.

Fig. 261. Ein gleichfalls von den beiden genannten Firmen hergestellter Uferkran ohne Laufkatze, bloss für Heben und Schwenken eingerichtet, mit 1000 kg Tragkraft und 4,5 m Ausladung, einem

Hubmotor von 25 PS. und einem Schwenkmotor von 5 eff PS. Die Hebekette führt zu einer Windetrommel in dem eisernen Sockel, in welchem der Antrieb und der Motor zu sehen sind. Der Schwenkmotor steht neben dem Hubmotor und treibt mittels der sichtbaren Welle ein Zahnrad, welches in einem Zahnkranz am Kranträger eingreift. Der Kontroller ist seitlich freistehend angebracht.

Fig. 262 zeigt einen „Portaldrehkran“ derselben beiden Firmen. Unter Portaldrehkran oder kurz Portalkran wird ein solcher Drehkran

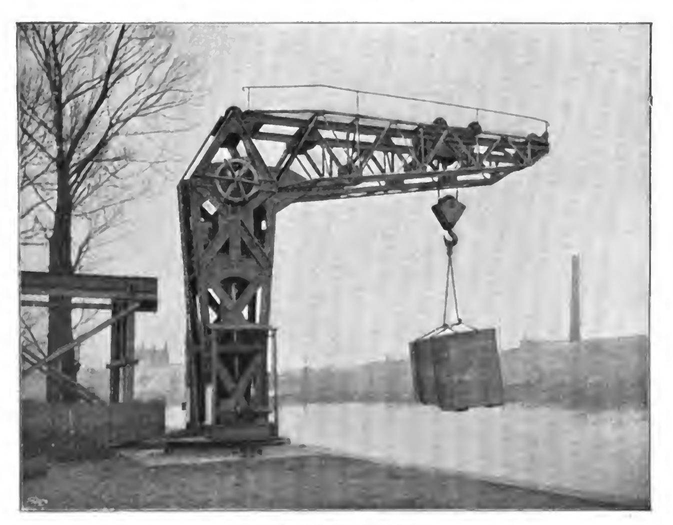


Fig. 260. Uferkran für 20 T.

verstanden, dessen Drehpunkt nicht auf festem Boden steht, sondern auf einem eisernen Gerüst angebracht ist, welches in Form eines ganzen Portales oder als Winkelträger einen Raum unterhalb des Kranes überspannt und für den Waren- bezw. Eisenbahnverkehr frei lässt. Dieser Kran ist gebaut für 2500 kg Last. Seine Ausladung vom Drehpunkt bis zum Lastseil beträgt 11 m, und da der erstere 2 m hinter der Kaimauerkante zurücksteht, die Ausladung über diese 9 m. Der freie Raum unterhalb des Gestelles misst von Schienenmitte zu Schienenmitte Krangleise 10,68 m Breite und hat 5,12 m Höhe; da aber der horizontale Träger gegen den Drehpunkt des Kranes zu aus konstruktiven



Fig. 261. Uferkran für 1000 Ko.

Rücksichten höher wird, als er an der, dem Kai abgewendeten Seite ist, so beträgt die lichte Höhe für die Durchfahrt nur 4,95 m. Die Auslegerrolle befindet sich 14 m über dem Kai, und der Kran hat eine Hubhöhe von 22 m.

Das Heben besorgt ein Motor von 35 PS., das Schwenken ein Motor von 5 PS. bei 550 Volt Spannung. Beide Motoren sind durch

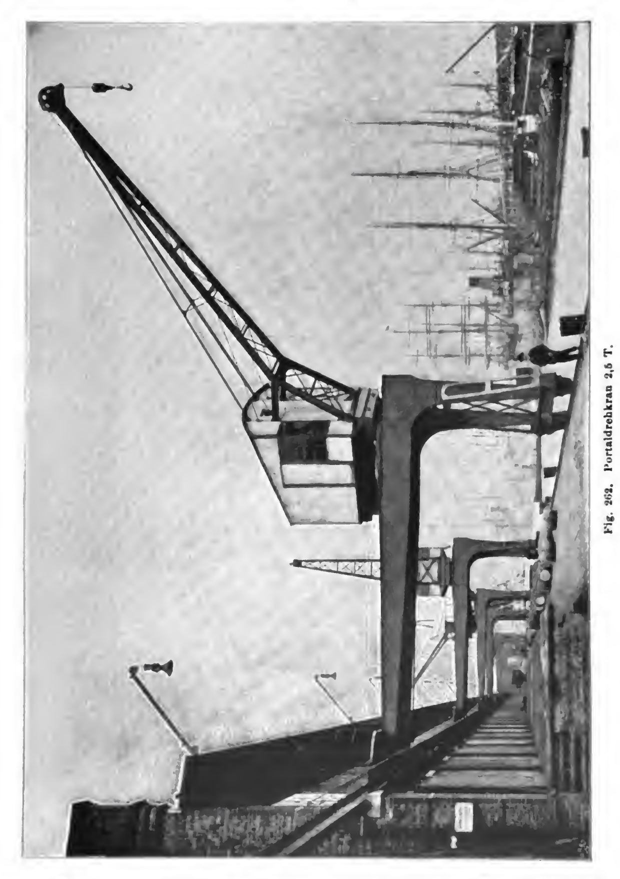


Fig. 262. Portaldrehkran 2,5 T.

einen Kontroller mit Universalsteuerung regulierbar. Der Kran ist für raschen Betrieb eingerichtet, weshalb der Hubmotor langsam läuft und wegen Fortfalls eines Räderpaares im Vorgelege einen günstigeren Effekt gibt.

Eine Konstruktionsskizze über einen Halbportalkran der Elektrizitätsgesellschaft in Baden (Schweiz) zeigt Tafel II. Der Kran hat 4000 kg Tragkraft, 10,45 m Ausladung, 20 m Hub. Das Heben erfolgt mit 0,5 m pro Sekunde, das Drehen mit 2 m pro Sekunde und das Fahren parallel mit dem Kai mit 0,25 m per Sekunde. Letztere Bewegung ist sehr langsam, da sie nur selten vorgenommen wird. Sie kann aber bei diesem Kran mittels eines eigenen Fahrmotors bewirkt werden, der an der Aussenseite des Portal-Blechträgers angebracht ist und mittels Stirn- und Kegelradübersetzungen die Laufräder antreibt.



Fig. 263. Bockkran.

Der Motor für das Schwenken treibt nach einmaliger Uebersetzung ein Zahnrad an, welches in den fix auf dem Portal liegenden Zahnkranz eingreift, um welchen die Kreisschiene für die eigentlichen Laufräder des Drehkranes liegt. Das Windwerk, von einem separaten Motor angetrieben, steht so auf dem drehbaren Teil, dass es den Ausleger und die Last ausbalanziert, und ist mit dem Kontroller von einem Führerhaus aus Wellblech umgeben, von welchem aus man nach vorn und nach den Seiten auf die Last und ihren Anfangs- und Endplatz sehen kann.

Hierher gehört auch der „Bockkran“ von Lahmeyer, Fig. 263, mechanischer Teil C. Hoppe, Berlin. Ausladung 10 m, Tragkraft

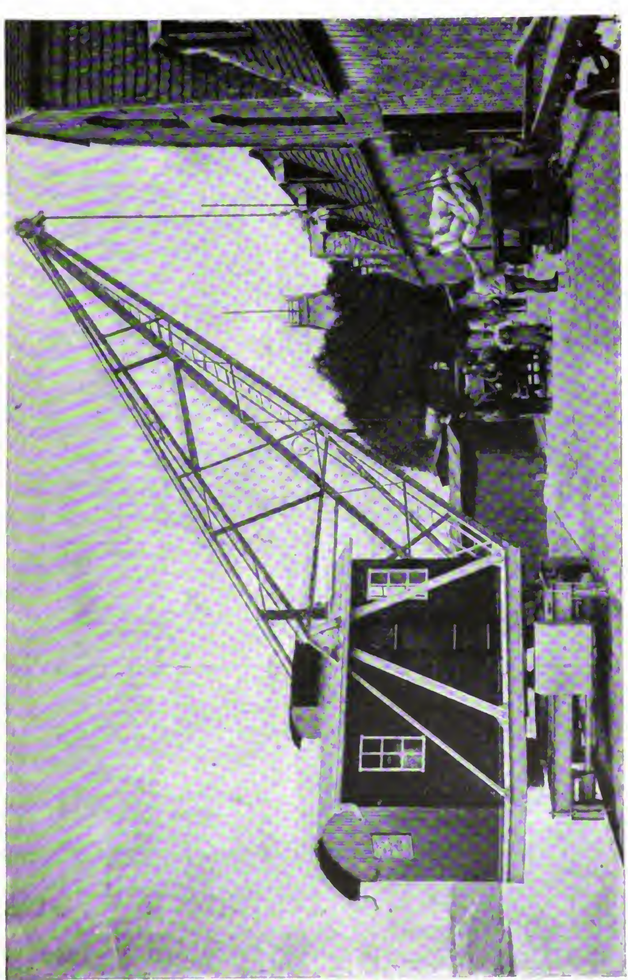


Fig. 264. Fahrbarer Drehkran. A. E.-G.



Fig. 265. Fahrbarer Drehkran. Lahmeyer.

1800 kg, Drehstrombetrieb: Hubmotor 15 PS., Fahrmotor 7,5 PS., Drehmotor 5 PS.*)

*) Der „Bock“ ist eine Kombination von zwei Portalen zu einem vierfüssigen Gestell.

Fig. 264 ist ein auf einem Lowry fahrbarer Drehkran (A. E.-G.). Das letztere ist mit separatem Motor versehen und wird an bestimmten



Fig. 266. Riesenkran.

Stellen mit Klemmen an den Schienen festgemacht. Das Gleiche gilt von dem fahrbaren Drehkran (Fig. 265) von Lahmeyer, welcher zum Verladen von Schienen und Trägern dient.

Fig. 266 zeigt einen sogen. „Riesenkran" für das Kaiserdock in Bremerhafen, von den früher erwähnten beiden Firmen Benrather Maschinenfabrik und Union gebaut und eingerichtet. Die Tragfähigkeit beträgt 150 Tons, der Betrieb erfolgt mit 110 Volt Gleichstrom, und es sind:

zum Drehen ein Motor von 25 PS.,
zum Fahren der Katze ein Motor von 25 PS.,
zum Heben zwei Motoren à 35 PS. in Parallelschaltung

auf dem Kran eingerichtet. Der Führerstand befindet sich, um keinen Raum für das Heben wegzunehmen, nicht unterhalb des Auslegers, sondern seitlich an demselben.

Bei diesem Kran ist begreiflicherweise die Kransäule durch ein eisernes Gittergerüst ersetzt, an welchem, unten durch ein besonderes Lager, oben durch vier Rollen gehalten, ein T-förmiger Gitterträger als Kranausleger angebracht ist.

Die Dimensionen des Kranes sind folgende:

Basisseite des Gitterständers 13 m verjüngt auf 6,5 m, Höhe 26,2 m, Ausladung der horizontalen Arme je 25 m. Grösster Abstand des Lasthakens von der Kranaxe 22 m. Höhe der Unterkante der horizontalen Arme über dem Fundament 35 m. An dem feststehenden Gitterständer führen Treppen bis zu einer Plattform, unter welcher die erwähnten vier Räder des T-Auslegers an der im Gitterständer festgeschraubten Kreisbahn anliegen. Von dort aus kommt man mittels Treppen, die mitgedreht werden, auf die ganz oben liegende Fahrbahn der Katze. Das Führerhaus befindet sich in der Mitte des horizontalen Armes des T-förmigen Auslegers, jedoch seitlich von der Katzenfahrbahn. Katzengewicht und Last ist grösstenteils ausbalanziert. Der Drehmotor steht auf dem Fundament fest und bewirkt die Drehung des Kranarmes mit Hilfe eines Schneckengetriebes und dreier Zahnradübersetzungen.

Das Innere eines Führerhäuschens ist aus Fig. 267 zu erkennen. Dieses Führerhäuschen gehört zu einem Drehkran, der mittels Drehstrom betrieben wird. Es sind drei Steuerschalter vorhanden, von denen einer mit Handrad, die beiden anderen mit Steuerhebel ausgerüstet sind. Die Drehungsrichtung des Handrades entspricht der Drehungsrichtung des Kranes.

3. Bewegungsmaschinen mit Lastbewegung in einer Linie.

Die zweite Hauptgruppe der ortbewegenden Maschinen umfasst jene, welche nur eine Bewegung der Last in einer Linie ausführen und daher eine feststehende Stromzuführung erhalten können, wenn auch Schleifkontakte vorkommen, wie z. B. bei den früher erwähnten Motorwinden, welche als Uebergang zwischen



Winde und Bahn betrachtet werden können, oder bei einigen Ausführungen der Seilförderung.

Hierbei ist zu unterscheiden, ob der Bewegungssinn dauernd der gleiche bleibt, oder ob er periodisch wechselt, die Bewegung also zu einer hin und her gehenden wird.



Fig. 267. Führerhäuschen.

I. Zu jenen, sowohl im Bergbau als im Hüttenbetrieb vorkommenden Maschinen, welche der Last nur eine Bewegung nach einer Richtung erteilen, selbst aber dabei ihren Platz nicht verändern, gehören

e) die Transportbänder

für Sortierwerke u. dgl.

Es ist hier vom elektrotechnischen Standpunkt eigentlich nichts, was sich von dem Betrieb eines dauernd laufenden Motors unterscheidet, welcher mit irgend einem Vorgelege eine Arbeitsmaschine treibt; es ist weder eine besondere Regelung der Tourenzahl, noch ein Umkehren der Drehrichtung, noch eine besonders konstruierte Stromzuführung er-

forderlich. Das Transportband läuft ebenso, wie ein Riemen auf den betreffenden Trommeln.

Fig. 268 zeigt ein solches Transportband für Kohlen (A. E.-G.). Der Motor steht unterhalb des Bandes, ist durch eine Verschalung des letzteren geschützt und treibt mit Riemen die eine Trommel an, über welche das Transportband geführt wird, oder das zu derselben gehörige Getriebe, da die Geschwindigkeit in der Regel vom Motor zur Bandtrommel bedeutend herabgesetzt werden muss.

Für Paternosterwerke und Elevatoren findet eine ganz analoge Anwendung des elektrischen Antriebes statt.

Die Stärke des Motors richtet sich nach der geforderten Leistung. Je nach der Beschaffenheit des Ortes der Aufstellung sind staub- und

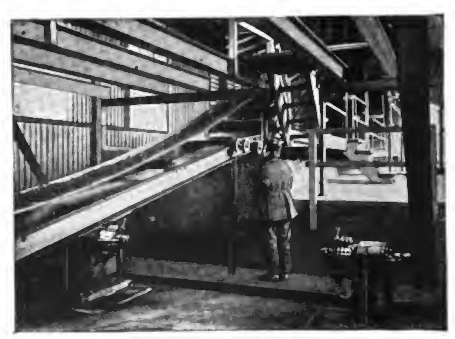


Fig. 268. Kohlen-Tansportband.

wasserdichte Motoren und Schalter zu verwenden. Elevatoren werden auch in Verbindung mit Kranen konstruiert, wobei dann naturgemäss wieder die Motoren, Schalter und Stromzuführungen verwendet werden, die für die letzteren geeignet sind.

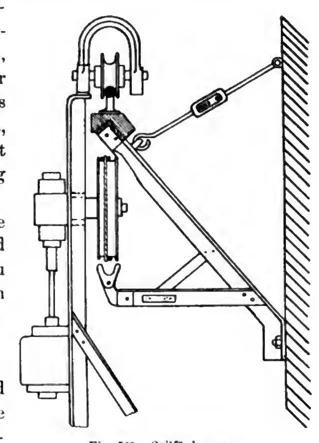
f) Die Seil- und Kettenförderung.

Die Seil- oder Kettenförderung besteht darin, dass ein endloses Seil oder eine endlose Kette an den beiden Endpunkten der Förderstrecke über Trommeln geführt wird, deren eine durch einen Motor in gleichmässige Umdrehung versetzt wird. Damit wird das ganze Seil in Bewegung versetzt und es können von den an demselben in gleichen Abständen angebrachten Knoten Fahrzeuge mitgenommen werden, oder die Fahrzeuge erhalten Vorrichtungen zum Anklemmen an das Förderseil und werden in beliebigen Abständen mitgenommen. Das bewegte Zugseil läuft entweder

dem Boden entlang oder unterhalb desselben auf Leitrollen, dann laufen auch die Fahrzeuge auf einem Schienenweg; oder aber das Zugseil liegt auf hohen Gerüsten aus Eisen oder Holz in der Luft, dann befindet sich unterhalb desselben längs der ganzen Strecke ein Tragseil, und die Fahrzeuge hängen auf diesem mit Hilfe zweier Rollen.

In beiden Fällen bietet der elektrische Antrieb ebensowenig Neues, als bei den Transportbändern.

Anders aber steht die Sache, wenn man, um die Gefahren des Bruches eines bewegten Seiles zu ersparen, jedes Fahrzeug mit einem kleinen Elektromotor versieht und demselben einerseits durch das Tragseil, anderseits durch das von demselben isolierte Förderseil Strom zuführt. Auf diese Art wird bewirkt, dass der Motor bezw. der Anker gleichsam an dem Zugseil, welches gleich dem Tragseile fest liegt, entlang klettert, sich entlang wälzt (Fig. 269) und so das Fahrzeug weiterbefördert.


Fig. 269. Seilförderung.

Diese Konstruktion erfordert die Anordnung vieler kleiner Motoren und es scheint dies ein Grund gewesen zu sein, weshalb von einer umfangreichen Anwendung nichts bekannt wurde.

g) Spills.

Zu dieser Art Maschinen sind noch jene zu rechnen, welche eine Last auf Schienen nach einer Richtung auf kürzere Strecken dadurch fortbewegen, dass analog wie bei der Seilförderung eine Trommel mit fester Axe durch einen Elektromotor angetrieben wird, die Bewegung aber intermittierend erfolgt und der Motor bei dem unabhängig zu bewirkenden Rückgang des Lastseiles still steht; es sind dies die Spills, welche zur Bewegung von Schiffen, Ankern derselben, Waggons und Drehscheiben verwendet werden. Eine sehr kompendiöse Anordnung eines elektrisch betriebenen Spills zeigen Fig. 270, 271 (Vereinigte Elektrizitätsgesellschaft und A. Freissler, Wien). Wie aus der Figur zu sehen ist, steht auf einem ganz leichten Fundament in dem Strassenkörper ein gusseiserner Kasten beliebiger Form, dessen Ränder mit dem Niveau der Strassendecke zusammenfallen. Dieser Kasten besitzt im Innern an den Längsseiten zwei Hohlzapfen.

Um diese Hohlzapfen kann ein gusseiserner Rahmen gekippt werden, welcher den Abschluss des Kastens nach oben bildet und an seiner Unterseite die erforderlichen Apparate trägt. In der normalen, d. i. ge-



Fig. 270. Spill geschlossen.

schlossenen Lage, wird der Rahmen, bezw. Klappdeckel durch zwei Fixiervorrichtungen festgehalten, er lässt sich aber nach Lüftung der letzteren um fast 180° umklappen, so dass alles, was an dem Rahmen



Fig. 271. Spill geöffnet.

oben bezw. aussen war, nach unten, d. i. innen, zu liegen kommt, und umgekehrt.

An dem erwähnten Rahmen sind nun, normal im Innern des Kastens, angebracht:

ein Elektromotor, dem der Strom mittels Kabeln durch einen der Hohlzapfen zugeführt wird (der Ausschalter befindet sich in einem getrennten Kästchen seitlich im Strassenkörper);

ein Gehäuse mit Schneckengetriebe, von dem die Schnecke mittels Kuppelung an der Welle des Motors befestigt ist.

Das Schneckenrad sitzt auf einer Welle, welche einen eigenen, ausserhalb des Kastens befindlichen Aufbau des Rahmens durchdringt, um in demselben ihre Lagerung zu finden, und welche aussen dann die gusseiserne, glockenförmige Trommel zum Aufwinden des Seiles trägt, welche mit der Welle durch eine sehr lange Nabe verbunden ist. Der mechanisch nicht beanspruchte Deckel der Trommel ist abnehmbar und gestattet mit Hilfe einer Schmiervase und einer Bohrung im Innern der vertikalen Welle die Schmierung der letzteren in ihrem Lager auch während des Betriebes, während die Schmierung von Motor und Getriebe in den Betriebspausen bei umgeklapptem Rahmen und obenliegender Dynamo vorgenommen wird. Wo der Rahmen nicht durch den erwähnten konischen Aufbau des Lagers und durch die Trommel einen Abschluss des ganzen Kastens von der Umgebung bewirkt, ist er mit gefalzten Rippenblechplatten gedeckt. Die Vorzüge dieser Anordnung, insbesondere hinsichtlich der leichten Versetzbarkeit und des Entfallens fast jeglichen gemauerten Fundamentes sind augenfällig. Der Arbeitsbedarf dieser Spills wird bei Förderung von einem vollbeladenen Waggon auf horizontaler Strecke (30—50 m) zu 1,5—2 Kilowattstunden angegeben, die stromlosen Zeiten mit eingerechnet. Das Gewicht beträgt komplett ca. 3500 kg.

Wenn man bedenkt, dass bei der Aufstellung hydraulischer Spills, abgesehen von den Pumpen und Druckakkumulatoren, noch die Rohrleitungen wegen der Frostgefahr oft sehr tief zu verlegen sind, oft sogar künstlich warm gehalten werden müssen, viel Wasser- und Druckverluste ergeben und viel Dichtungskosten verursachen, so leuchten die Vorteile der elektrisch betriebenen Spills ohne weiteres ein.

Im Grunde genommen ist der wichtigste Bestandteil aller hierher gehörigen Maschinen eine Winde in ihren zahlreichen, möglichen und zweckmässigen Formen. Speziell kann man als Winde eine Bewegungsvorrichtung bezeichnen, bei welcher die Last ohne vorgeschriebene Bahn oder Führung in meist gerader Richtung des Hebeseiles vertikal oder schief auf- oder abwärts bewegt wird. Hierbei ist noch stillschweigend angenommen, dass es sich um geringe Geschwindigkeiten handelt, so dass bei den Winden ausschliesslich Verbindungen von Elektromotoren mit dem Windwerk, ohne Hubbegrenzung, Sicherungsvorrichtung usw., wie wir solche bei den Aufzügen und Fördermaschinen kennen lernen werden, in Frage kommen.

Wegen der gewöhnlich sehr hohen Tourenzahl der in Anwendung kommenden Elektromotoren kann diese geringe Geschwindigkeit nur mit mehrfachen Uebersetzungen, von denen zumeist die erste am Motor ein Schneckenantrieb ist, bewirkt werden.

Das Bild einer Bauwinde der Union, El.-Ges., gibt Fig. 273. Dieselbe ist mit zweifacher Zahnradübersetzung ausgeführt. Die Anordnungen sind sehr kompendiös und geben mit Rücksicht auf gut ausgeführte Zahntriebe ein relativ grosses Güteverhältnis.

Die Verwendung eines Schneckenantriebes ist aus Fig. 274 zu ersehen, welche eine elektrisch angetriebene Bauwinde der Union, E.-G., darstellt. Die geförderte Last ist 150 kg netto, die Geschwindigkeit

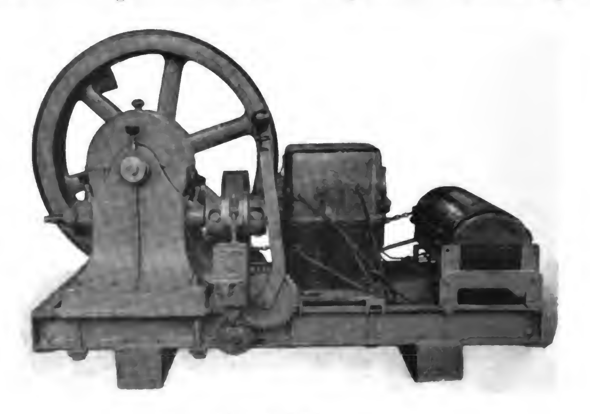


Fig. 272. Bauwinde. Union.

normal 0,5, maximal 1 m pro Sekunde. Der Motor ist ein gekapselter Gleichstrommotor, um den Einflüssen von Staub, Mörtel u. dergl. auf Bauten Widerstand zu leisten, und wird mittels eines Kontrollers gesteuert und reguliert. Der Motor ist natürlich mit der in einem Oelkasten laufenden Schnecke direkt gekuppelt, die Kuppelung als Bremsscheibe für eine mit Hand oder Fuss zu betätigende Bandbremse ausgestaltet.

Die ganze Anordnung findet ihren Platz auf einem Rahmen aus Winkeleisen, bezw. [-Eisen, oder auf einer Gussplatte.

Die Winden, welche für Aufzüge verwendet werden, haben nun noch andere Bedingungen zu erfüllen, welche man am besten bei einer systematischen Betrachtung der

h) Aufzüge

kennen lernen kann, wie sie nicht nur für häusliche Bedürfnisse, sondern insbesondere in Magazinen, Fabrikswerkstätten, Mühlen und Speichern, Giessereien und Hochofenanlagen gebraucht werden.

Charakteristisch für einen Aufzug ist die Anwendung einer Förderschale oder eines Förderkorbes, welcher in einem Gerüst eine besondere Führung besitzt. Beide Bestandteile, Förderschale und Gerüst, werden oft aus Holz, bei modernen Aufzügen aber meist aus Winkel- und Fassoneisen hergestellt. Es ist selbstverständlich, dass nicht nur auf

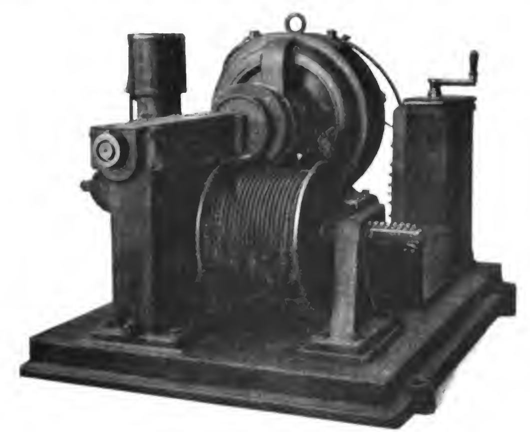


Fig. 273. Bauwinde mit Schneckengetriebe.

die Festigkeit, sondern auch auf die Steifigkeit der Gerüste und der Förderkörbe sehr zu achten ist. Hinsichtlich der Führungen begnügt man sich damit, zwei gegenüberliegende Punkte des Grundrisses mit Führungsschienen auszustatten, welche mit Holz verkleidet sind, damit bei Seilbruch die Sicherheitsklauen eingreifen können. Die Führung erfolgt meist durch Rollen.

Die Förderschalen sind je nach dem Zweck, dem der Aufzug dienen soll, verschieden, mit Türen, Wänden, Bänken u. dergl., ausgestattet, für den Hüttenbetrieb jedoch meist ohne solche Vorrichtungen, bloss mit einem hölzernen Boden versehen.

Hinsichtlich der Konstruktion hat der elektrische Betrieb keine wesentlichen Aenderungen gegenüber dem mechanischen oder hydraulischen

Betrieb von Aufzügen verursacht; wohl aber bietet der erstere eine Reihe von Vorteilen. Mechanisch angetriebene Aufzüge erfordern eine geeignete Transmission oder eine spezielle Maschine mit Rohrleitungen und Riemen oder Antriebseilen, hydraulisch angetriebene sind von den Dichtungsstellen einer Rohrleitung und von der Temperatur abhängig. Dies alles kann bei elektrischem Antrieb vermieden werden, der ausserdem noch den Vorteil hat, dass der Elektromotor während der sehr häufigen Ruhepausen gar keine Arbeit verbraucht, während bei allen anderen Antrieben entweder Arbeits- oder Stoffverluste auftreten.

Die Aufstellung des Elektromotors ist einfacher, als die eines anderen Motors, da derselbe kein Fundament braucht und ganz unabhängig von langen, verlustreichen Leitungen an jeder Stelle neben, unter- oder oberhalb des Gerüstes aufgestellt werden kann.

Was die Wahl des Motors anlangt, so werden bei Gleichstrom die Aufzüge zumeist mit Nebenschlussmotoren ausgestattet, weil diese eine geringere Anzugskraft entwickeln, also das Anheben nicht so heftig bewirken. Dies kommt insbesondere bei Personenaufzügen sehr in Frage, bei denen ein stossweises Anheben unter allen Umständen zu vermeiden ist. Auch die Eigenschaft des Nebenschlussmotors, seine Geschwindigkeit nahezu gleichmässig zu erhalten, ist günstig zu verwerten, da es unzweckmässig wäre, Aufzüge je nach der Belastung mit verschiedenen Geschwindigkeiten zu betreiben. Endlich ist es auch nicht ausgeschlossen, dass trotz des Widerstandes des Triebwerkes der Motor irgend einmal doch ganz entlastet wird, und es empfiehlt sich daher ein Motor, bei dem das „Durchgehen“ nicht eintreten kann. Das Anlassen bietet bekanntlich keinerlei Schwierigkeiten.

Die Ausstattung der Motoren mit Kohlenbürsten ist dadurch möglich, dass bei modernen Motoren zufolge ihrer Disposition die Auflagezone sehr schmal ist; man kann daher die Kohlenbürsten auch bei Umkehr der Drehrichtung ohne Anstand am Kollektor anliegen lassen. Bürstenverstellvorrichtungen oder gar Vorrichtungen zum alternativen Abheben bezw. Anlegen von Bürsten für verschiedene Drehrichtung kommen heute nicht mehr vor.

Bezüglich der Anlasser ist noch zu erwähnen, dass ihre Konstruktion und Grösse sich nach dem Motor und der Art des Antriebes richten muss. Da man heute jeden Motor unter normaler Belastung ohne heftigen Stromstoss anlassen kann, so fällt die Rücksicht auf Antriebe, welche den unbelastet anlaufenden Motor nach Erlangen seiner Normalgeschwindigkeit mit dem Aufzug verbinden, Reibungsräder, Riemengetriebe usw., fort, und man hat nur zu berücksichtigen, dass die Grösse des Motors steigen muss, wenn die normale Fahrgeschwindigkeit in kürzerer Zeit erlangt werden soll, als wenn hierzu längere Zeit

verfügbar ist. Natürlich werden auch die Widerstände im Anlassen viel geringere Drahtmengen benötigen, wenn doch aus anderen Gründen, z. B. um bei frequentem Aufzugsbetrieb eine Primärmaschine zu schonen, der Motor fortlaufen soll und die Betätigung des Aufzuges mittels mechanischer Vorrichtungen erfolgt.

Hinsichtlich der Geschwindigkeit ist ein wesentlicher Unterschied im Vergleich mit mechanisch oder hydraulisch betriebenen Aufzügen nicht zu finden; man wählt gewöhnlich 0,2—0,4 m pro Sekunde und baut die Aufzüge in Leistungsgrenzen von 500—1500 kg Nutzlast.

Die Forderungen nach Betriebssicherheit, Einfachheit im Anlassen und Abstellen, geringem Geräusch und Fahrtbegrenzung von verschiedenen Punkten oder vom Fahrstuhl aus, werden bei elektrisch betriebenen Aufzügen im Prinzip nicht anders, aber wegen der Eigenschaften des elektrischen Antriebes meist einfacher und präziser erfüllt, als bei anderen Antriebsarten. Insbesondere ist eine Bedingung bei elektrischem Antrieb ganz hervorragend günstiger zu erfüllen, nämlich die Umsteuerung, welche die lästigen und kraftraubenden Wendegetriebe vollkommen entbehrlich macht, indem sie durch Umschalten eines Hebels in der einfachsten Weise bewirkt wird.

Die Möglichkeit, den Elektromotor ohne Fundament oberhalb des Aufzuges anzubringen, wird bei kleineren Aufzügen, insbesondere bei solchen für Personentransport, ausgenützt, da man fast die Hälfte des Tragseiles und die Trag- und Leitrollen ersparen kann. Bei Aufzügen aber, welche grössere Lasten im Heben haben, sucht man durch Anschliessen des einen Seilendes an das Aufzugsgerüst den erforderlichen Zug zu vermindern; wenn trotzdem die Leistung dann grosse Antriebsmaschinen ergibt, oder wenn aus anderen konstruktiven Gründen die Aufstellung des Elektromotors oben nicht als zweckmässig erscheint, so stellt man den Elektromotor neben das Aufzugsgerüst, wie dies Fig. 275 für einen Aufzug der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Kolben & Co. in Prag zeigt.

Die zu diesem Aufzug gehörige Winde zeigt neben grosser Einfachheit eine sehr übersichtliche und gedrängte Anordnung. Die Seiltrommel mit Schneckenantrieb ist auf einem gusseisernen Rahmen gelagert, welcher auch den Elektromotor aufnimmt. Dieser ist mit der Schnecke durch eine isolierende und nachgiebige Kuppelung verbunden, welche auch als Bremsscheibe für eine Kniehebelbremse dient. Wie schon bei den Kranen erwähnt wurde, wird die Bremse beim Einschalten des Motors selbsttätig gelüftet, beim Abstellen (ob von Hand oder automatisch) meist selbsttätig angezogen, was aber hier mechanisch bewirkt wird.

Es ist selbstverständlich, dass für die arbeitenden Teile das beste Material und die beste Ausführung angewendet wurde, und zwar für

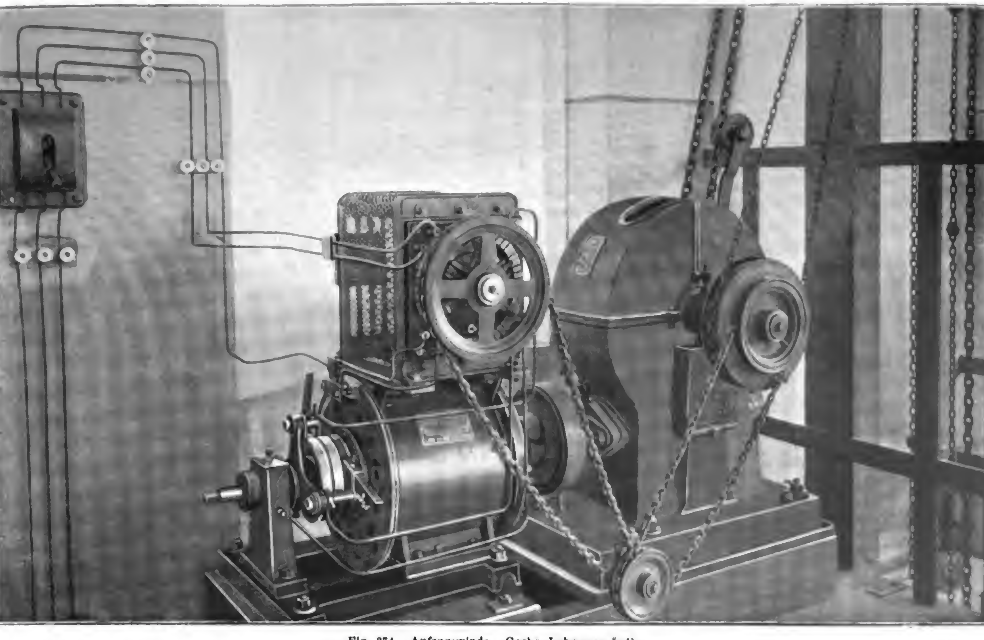


Fig. 274. Aufzugswinde. Garbe, Lahmeyer & Co.

die Schnecke und Schneckenwelle Stahl, für das Schneckenrad Phosphorbronze, und dass das Getriebe in einem Fettkasten läuft, während die Lager mit Ringschmierung versehen sind.

Zum Motor gehört Anlass- und Umsteuerapparat, welcher in der Regel neben dem Motor steht und mit Kettenrad und Kette von beliebigen Punkten aus mittels Handhebeln betätigt werden kann. Auf der Welle des Kettenrades ist eine exzentrische Scheibe befestigt, welche den Gewichtshebel der Bremse unterfängt, derart, dass sie bei der der Einschaltung entsprechenden Lage des Steuerungssystems den Gewichtshebel hebt und die Bremse entlastet, beim Ausschalten aber den Gewichtshebel sinken und damit die Bremse anziehen lässt. Die Kette muss natürlich in dem Bereich des Fahrstuhls liegen, um durch denselben mit Hilfe einstellbarer Anschläge selbsttätig in jener Richtung gezogen zu werden, welche dem Ausschalten des Motors bei Erreichen der Endpunkte der Fahrstrecke entspricht. Um in dieser Hinsicht bezüglich eines etwaigen Ueberfahrens ganz sicher zu gehen, werden auch die Leitungen in den Bereich des Fahrstuhls verlegt und mit elektrischen Notausschaltern ausgestattet, welche vor Erreichen der äusserst zulässigen Endstellungen vom Fahrstuhl betätigt werden und den Strom unterbrechen. Das Prinzip ist dasselbe, wie bei den Laufkranen.

Bei Aufzügen zur Personenbeförderung wird ausser der Hubbegrenzung am oberen und unteren Ende der Fahrstrecke noch eine Arretierung in den einzelnen Stockwerken angewendet, damit wenn eine des Fahrens unkundige Person den Fahrstuhl benutzt, die Möglichkeit gegeben ist, dass der Fahrstuhl in einem gewünschten Stockwerke selbsttätig anhält. Da nun aber auch noch die weitere Möglichkeit gegeben sein muss, von einem Stockwerk zum anderen zu fahren, ohne von jemand abhängig zu sein, der sich nicht im Fahrstuhl befindet, somit die augenblickliche Lage in demselben nicht kennen kann, so verwendet man speziell bei Personenfahrstühlen folgende Vorrichtung:

Das Steuerseil, welches den Fahrstuhl durchzieht, ist durch eine ausserhalb des Fahrstuhles angebrachte, aus Eisenrohr hergestellte Steuerstange ersetzt. Diese Steuerstange hat, der Höhe jedes Stockwerkes entsprechend, je einen Arm, welcher radial an ihr befestigt ist, und befindet sich im Zentrum eines Stellringes, welcher an dem Fahrstuhl, von innen drehbar, angebracht ist. Die sämtlichen Arme reichen nicht so weit, dass sie den Ring berühren, es kann vielmehr nur eine Berührung einer an dem Ring angebrachten Flantsche mit jenem Arm stattfinden, welcher sich gerade in dem der Flantsche zugehörigen Radius des Stellringes befindet. Da nun die Stellung des Ringes von innen auch während der Fahrt geändert werden kann, so

kann beliebig veranlasst werden, dass an irgend einer Stelle einer der radialen Arme von der Flantsche des Ringes am Fahrstuhl berührt bezw. bei der Bewegung des letzteren mitgenommen wird und somit die Steuer-Stange hebt. Voraussetzung ist hierbei, wie bei der Anwendung von Steuerseilen, dass die Bewegung des Steuerseiles zur Betätigung der Bewegung des Fahrstuhles immer der letzteren entgegengesetzt bewirkt werden muss. Man muss daher die Steuerungsorgane so anordnen, dass ein Zug nach unten am Steuerseil die Hebung des Fahrstuhles zur Folge hat, während die Senkung bezw. der Stillstand durch Zug nach oben hervorgerufen wird.

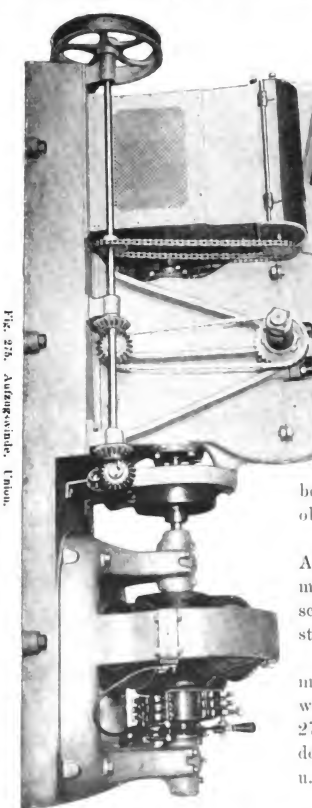


Fig. 275. Aufzugswinde. Union.

Es ist natürlich hierbei auch die Anordnung möglich, die Steuerstange mit den Armen drehbar und den Anschlag bezw. Mitnehmer am Fahrstuhl fest anzubringen.

Zwei sehr übersichtliche Anordnungen von elektrischen Aufzugswinden sind in den Figuren 276 und 277 dargestellt, welche Fabrikate der Union-E.-G. und von Kolben u. Co. zeigen.

Gedrängt, aber trotzdem sehr übersichtlich, ist die Anordnung des Windwerkes, Fig. 278, der Firma Garbe-Lahmeyer in Aachen (deutsche Elektrizitätswerke).

Eine vielversprechende Neuerung im Bau von Winden wurde von der Gesellschaft für elektrische Industrie-Karlsruhe ein-

geführt. Sie bezieht sich auf die Anwendung der bekannten Kugellager auf Windwerke und deren Motoren, wie dies in Fig. 279 erkennbar ist. Die Vorteile dieser Neuerungen sind ausserordentlich grosse. Die damit

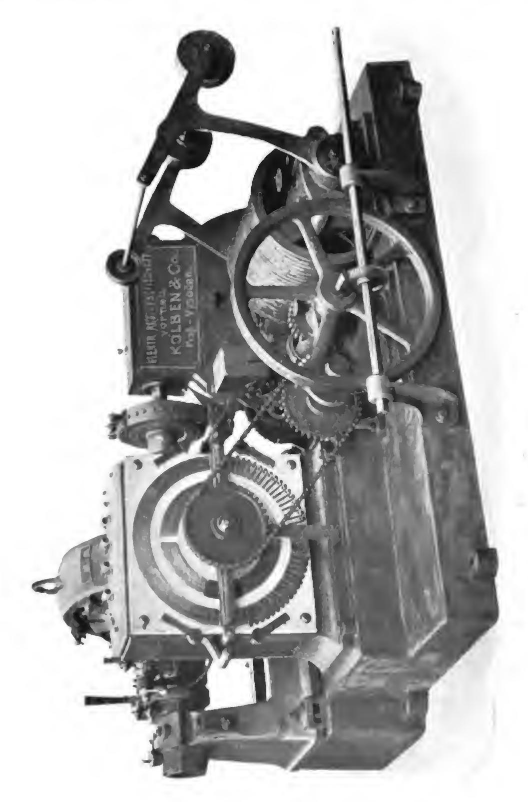


Fig. 276. Aufzugswinde. Kolben & Co.

erzielten Kraftersparnisse zufolge des Fortfalles der Reibung gegenüber jener bei Maschinen mit Ringschmierung ist überraschend gross, z. B. bei $^1/_4$pferd. Motoren und Leerlauf 50 % gegenüber der Ringschmierung,

bei Vollbelastung aber etwa 13 %, und bei grösseren Motoren, (etwa 30 PS.) bei Leerlauf 30 %, bei Volllast immer noch 2,5 %. Auch wird an Schmiermaterial viel erspart, weil diese Lager geringe Reibung haben, sich also nicht erwärmen und keine Möglichkeit bieten, sich festzureiben. Die Kugellager sind auch erheblich schmäler als die Ringschmier- und sonstigen Schalenlager. Ihre Ausführung ist bis jetzt zu ca. 100 mm Durchmesser bewirkt worden. Als interessante Bemerkung über die geringe auftretende Reibung sei bemerkt, dass nach Angaben der genannten Gesellschaft der Anker eines 80pferd. Gleichstrommotors

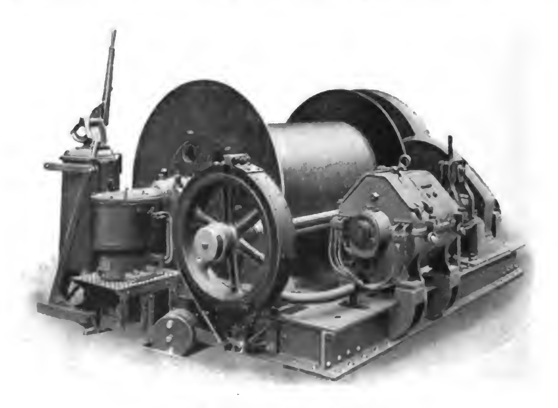


Fig. 277. Aufzugswinde. Lahmeyer.

bei Stillstand mitbewegt wird, wenn man die Bürsten von Hand verstellt; die Bürstenreibung allein ist also grösser als die Lagerreibung und genügt, den Anker mitzubewegen. Fig. 279 ist ein Bild einer in Aufstellung begriffenen Kranwinde für 4000 kg Nutzlast.

Sehr bemerkenswerte Apparate sind die von der A. E.-G. angewendeten selbsttätigen Umkehranlasswiderstände für Aufzüge, welche in formvollendeter Weise für Spannungen bis 500 Volt Gleichstrom hergestellt werden. Es sei diesbezüglich verwiesen auf Fig. 280, eine perspektivische Ansicht, Fig. 281 zwei Projektionen, und Fig. 282 die Schaltung für Nebenschlussmotoren darstellend, bezüglich deren folgende Schilderung im Wesentlichen dem betreffenden Prospekt VI 515 der A. E.-G. entnommen ist.

Der aus Winkeleisen gebaute, mit Lochblechen verschlossene Kasten enthält die Widerstände und ist an seiner Vorderseite mit Marmortafeln

versehen, welche Schaltkontakte, Sicherungen und Ausschalter tragen. Das Organ zur Betätigung ist eine Welle, welche hinten mittels einer Scheibe durch das Steuerseil nach beiden Richtungen je nur ca. 180° gedreht werden kann.

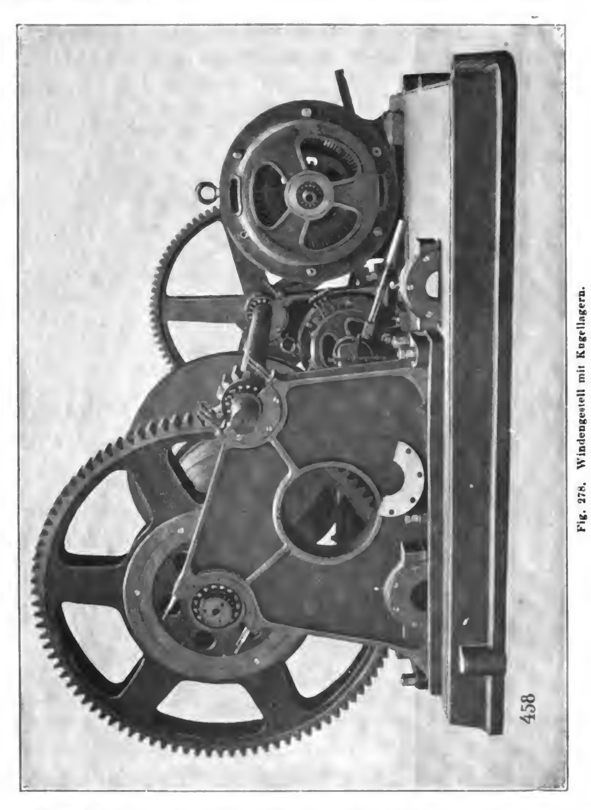


Fig. 278. Windengestell mit Kugellagern.

Diese Welle trägt an der Vorderseite des Apparates eine kreisrunde Scheibe, welche an einer Stelle einen sektorförmigen Ausschnitt von etwa 70° Winkelmass hat, und vor dieser Scheibe eine Kurbel, an deren Ende ein Röllchen sich befindet.

In einer Parallelebene mit der erwähnten Scheibe befindet sich der Umschalter, welcher durch Vermittelung eines kurzen Hebels und durch die, als Anschläge wirkenden, radialen Begrenzungsflächen des sektorförmigen Auschnittes der Scheibe betätigt wird.

In einer zweiten, der erwähnten Kurbel entsprechenden Parallelebene, also noch vor der Kreisscheibe und dem Hebel des Umschalters ist eine sogen. „Hubtraverse" vorhanden, welche mittels Röllchen innerhalb zweier Gleitschienen auf und ab bewegt werden kann. Diese Traverse hat eine umgekehrt T-förmige Gestalt und unten eine kreisförmige Bahn, mittels deren sie auf dem Röllchen der Kurbel aufruht. Die vertikale Stange derselben ist durch ein Sperrwerk oben auf dem Kasten geführt und enthält isoliert angebracht ein Kontaktstück, welches einerseits auf einer Kontaktschiene, anderseits auf den Kontaktlamellen der Widerstände schleift.

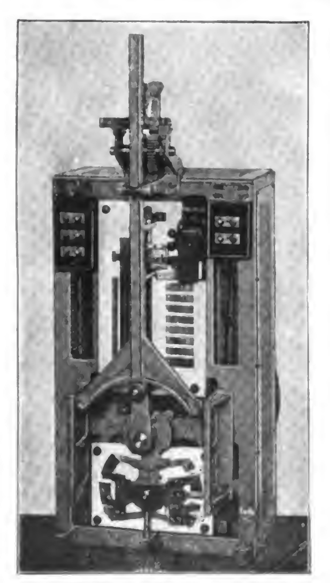


Fig. 279. Umkehranlasser. Ansicht.

In jener Stellung, in welcher die Kurbel vertikal nach oben gerichtet ist, ist der Motor ausgeschaltet, da die Kurbel die Traverse, welche sonst nur der Wirkung der Schwerkraft ausgesetzt ist, in ihre höchste Stellung gehoben hat und sie dort erhält; die Magnete sind hierbei zufolge der Stellungen der diversen Lamellen unter der Kontaktfeder stets erregt.

Wenn nun die Welle und mit ihr die Kreisscheibe und die Kurbel durch das Steuerseil in irgend einer Richtung aus der Nulllage gedreht wird, so tritt zunächst keine Aenderung des ausgeschalteten Zustandes ein, da der sektorförmige Ausschnitt eine Berührung der Scheibe mit dem Hebel des Umschalters unmöglich macht, und da die Kreisbahn der Hubtraverse genau dem Wege des Röllchens an der Kurbel entspricht, weshalb die Hubtraverse vorläufig nicht sinken kann. Erst bei einer Drehung von etwa 70° schaltet die kreisrunde Scheibe den Umschalter um, je nachdem eine Rechts- oder eine Linksdrehung des Motors erwünscht ist. Kurz nach dem Umschalten bewegt sich das Röllchen mit

der Kurbel weiter, als die Kreisbahn an der Hubtraverse reicht, und diese letztere kann daher infolge der Schwerkraft sinken, wodurch das Einschalten des Motors und das Ausschalten der Widerstände allmählich bewirkt wird. Diese Vorgänge spielen sich in gleicher Weise ab, ob die Kurbel durch die Steuerwelle über den rechten oder über den linken Halbkreis bewegt wird, nur wird in diesen beiden Fällen der Umschalter

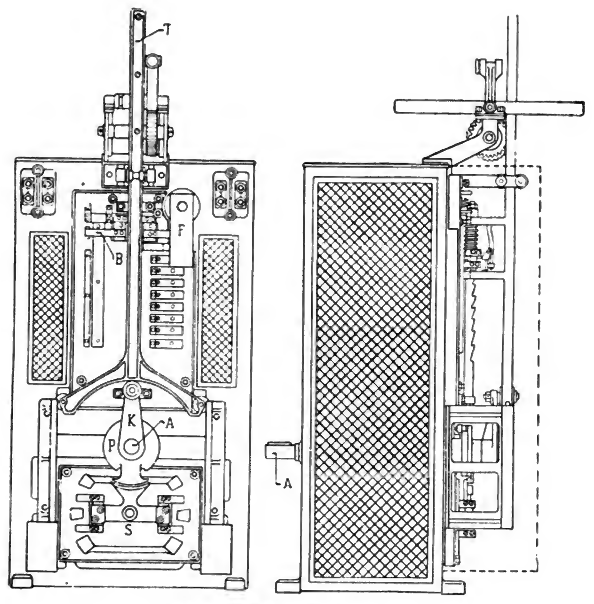


Fig. 280. Umkehranlasser. Projektionen.

anders gestellt. Es wird also mit Hilfe dieses Apparates sowohl die Einstellung der Drehrichtung, als auch ein sicheres und stossfreies Anfahren bewirkt, indem das Ausschalten von Widerstand auf einen Zeitraum von 10—15 Sekunden verteilt ist und das Sperrwerk, welches gleichzeitig mit der Umstellung der Steuerwelle ausgelöst wird, die Geschwindigkeit des sinkenden Kontaktteiles regelt. Bei dem Ausschalten wird die „Hubtraverse" durch die Steuervorrichtung im Fahrkorb, bezw. in den einzelnen Stockwerken durch entsprechende Vorrichtungen wieder

in ihre ursprüngliche Lage gebracht, welche auch mit Hilfe des Steuerseiles die Steuerwelle in die ursprüngliche Lage bringt. Da bei der Zurückführung der Hubtraverse die Kontaktfeder den obersten Kontakt einmal verlässt, so ist durch einen magnetischen Funkenlöscher dafür vorgesorgt, dass an diesem Kontakt kein Funken stehen bleibt; die

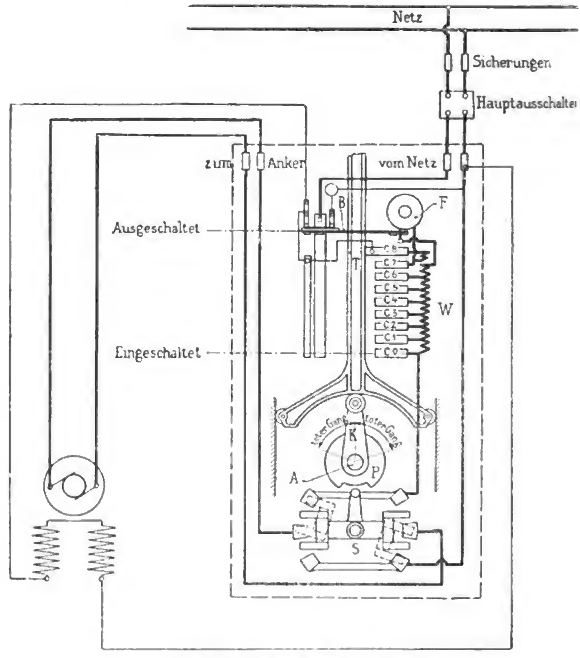


Fig. 281. Umkehranlasser. Schaltung.

Entstehung des Extrastromes in den Magneten kann zwar nicht verhindert werden, es sind jedoch an der linken Seite Kontakte zum Kurzschliessen des Nebenschlussmagnetstromkreises vorgesehen, damit der Extrastrom ohne Schädigung der Magnete verlaufen kann.

Diese Apparate werden von der A. E.-G. in drei Grössen, für Leistungen bis 8 PS., 15 PS. und 30 PS. gebaut und entweder für Nebenschluss-, Hauptstrom- oder Compound-Elektromotoren eingerichtet.

Fig. 283 zeigt eine Winde für einen Förderhaspel (Union); die Förderlänge beträgt 44 m, die Steigung 20,3 ‰, die Geschwindigkeit 5 m; der Motor leistet 16 PS. und wird mit Gleichstrom von 550 Volt betrieben.

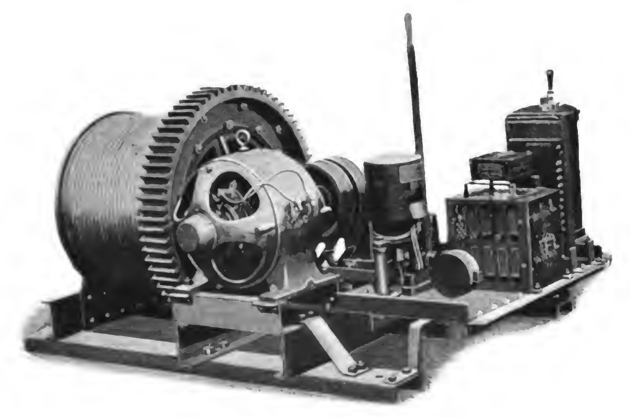


Fig. 282. Förderhaspel.

Achter Abschnitt.

Speziell bergmännische Anwendungen.

1. Fördermaschinen.

Von den Anwendungen der Elektrotechnik im Bergbau, deren es eine grosse Menge gibt, schliessen sich an die vorhergehenden Absätze organisch jene an, welche die Förderung betreffen. Hinsichtlich der horizontalen Grubenförderung sei auf das früher Gesagte verwiesen. Die schiefe Förderung auf Gleisen als Drahtseilbahn und die vertikale Förderung durch elektrisch betriebene Fördermaschinen sollen einer näheren Besprechung unterzogen werden.

Da bei diesen Maschinen der Raschheit der Förderung wegen immer mit einem aufwärtsgehenden Förderkorb gleichzeitig im nebenliegenden Schachtteil ein zweiter Förderkorb abwärts sich bewegt, so werden die elektrischen Antriebsmaschinen, welche im Grunde genommen nichts als Winden sind, verhältnismässig klein, wenn man sie mit gleich-

leistungsfähigen Dampffördermaschinen vergleicht. Die Förderung wird mit bedeutend grösserer Geschwindigkeit bewirkt, als bei Aufzügen, weshalb hinsichtlich der Raschheit des Anfahrens und Anhaltens, bezw. der Bremsung grosse Anforderungen an die Fördermaschine gestellt werden, ohne dass dadurch ein Missverhältnis zur Geschwindigkeit, bezw. zum Beharrungsvermögen der Förderschale eintreten dürfte.

Eine Steuerung der Fördermaschine von der Schale aus ist noch nicht gebräuchlich, weil die grosse Förderstrecke, die Feuchtigkeit im Schacht, die Fördergeschwindigkeit und die Pendelbewegungen des Förderkorbes es fast unmöglich machen, dauernd zuverlässig haltbare Leitungen und Kontakte im Schacht bezw. an der Schale anzubringen.

Um nun dennoch die Bewegung des Förderkorbes, wenn auch indirekt, zur Regelung der Geschwindigkeit, bezw. zum Abstellen zu benutzen, hat man sich in folgender Weise geholfen. Man hat, wie dies zur Darstellung der Lage des Förderkorbes schon lange als „Teufenzeiger“ gebräuchlich ist, ein an einer Wand geradlinig auf und ab bewegliches Metallstück derart mit der Bewegung des Förderkorbes, bezw. der Drehungen der Fördertrommel in kinematische Verbindung gebracht. dass die Bewegungen des Metallstückes, bezw. seine jeweilige Lage genau den Bewegungen der Förderschale, bezw. deren augenblicklicher Lage entspricht, also ein Bild der Förderung im verkleinerten Mass darstellt.

An jener Welle, durch welche mittels eines Handhebels der Anlasser betätigt wird, befindet sich nun ein zweiter Hebel, meist rechtwinkelig zu dem ersteren, welcher ein Gewicht trägt, das, frei gelassen. mit einer gewissen Geschwindigkeit das Ausschalten des Anlassers und das Stillsetzen des Motors bewirkt. Dieser Hebel mit Gegengewicht ist nun in irgend einer Lage, zumeist in jener, bei welcher die maximale Geschwindigkeit erreicht wird, anhaltbar, indem er auf irgend einem vorschiebbaren Teil einer anderen Vorrichtung zum Aufliegen gebracht werden kann. Die betreffende Lage des angeschaltenen Hebels kann gewechselt werden, je nachdem man mit maximaler oder anderer Geschwindigkeit fördern will.

Der erwähnte verschiebbare Teil der Anhaltevorrichtung des Gewichtshebels wird nun in der einfachsten Weise elektromagnetisch ausgelöst, bezw. aus seiner stützenden Stellung zurückgezogen, indem er als Anker eines Elektromagnetes ausgebildet ist, der in dem Augenblicke angezogen wird, als das die eine Förderschale darstellende oben erwähnte Metallstück zwei in entsprechender Lage angebrachte Kontakte berührt und dadurch den Elektromagneten erregt. Durch das sinkende Gewicht wird der Motor ausgeschaltet, was mit einer durch Bremslüftungsmagnete regulierbaren Geschwindigkeit geschieht. Der Zeit-

punkt, wann die Erregung des Magnetes zu erfolgen hat, wird empirisch nach der Fördergeschwindigkeit durch Verstellen der Kontaktflächen bewirkt, auf denen das mehrfach erwähnte Metallstück Stromschluss zur Betätigung des Elektromagnetes verursacht. Ein Schema dieser Anordnung zeigt Fig. 283.

Die Vorteile des elektrischen Antriebes von Fördermaschinen liegen, wie C. Köttgen in einem Vortrage*) sehr klar und übersichtlich dargetan hat, in folgendem:

Es kommt als Vergleichsobjekt nur die Dampffördermaschine in Betracht und es ist einleuchtend, dass diese gegenüber elektrischem Antrieb stark zurücksteht.

Zunächst ist die Lage der Fördermaschine von der Lage des Schachtes abhängig und braucht am Orte des Tragkranzes einen gewissen Platz. Wenn nun eine gesonderte Dampfanlage aufgestellt wird, so arbeitet dieselbe unökonomisch und braucht wegen des Maschinen- und Kesselhauses sowie der Kohlenspeicher einen bedeutenden Platz. Aber auch der Betrieb von einer zentralisierten Dampfanlage aus ist wegen der grossen Dampfverluste in den langen Rohrleitungen nicht sehr ökonomisch. Der elektrische Betrieb jedoch gestattet eine viel ökonomischere Ausnützung einer zentralen Dampfanlage und auch die Ausnützung von Wasserkraft, die andernfalls ganz ausgeschlossen ist; er erspart die bedeutenden Verluste in den Rohren und benötigt erheblich weniger Platz. Die etwaige Zufuhr von Kohlen zu den einzelnen Schächten entfällt beim elektrischen Betrieb vollständig.

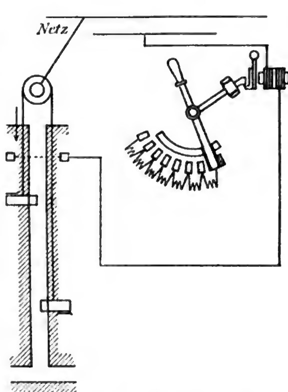


Fig. 283. Schema der Selbstausschaltung.

Der elektrische Betrieb bietet auch die Möglichkeit, die Hochofen- und Koksofengase zu Antriebszwecken in denkbar ökonomisch angelegten Maschinenanlagen zu verwerten.

Der intermittierende, in den Arbeitsperioden aber umso intensivere Betrieb mehrerer Fördermaschinenanlagen wird durch den elektrischen Antrieb bei Vereinigung der Krafterzeugung in einer Station wesentlich.

*) C. Köttgen, „Elektrisch betriebene Hauptschacht-Fördermaschinen", Z. V. D. I 1902, Nr. 20.

ausgeglichen und kann durch Pufferbatterien (im Falle der Möglichkeit von Gleichstrom) so sehr geregelt werden, dass die Generatormaschine fast vollkommen mit gleichmässiger Belastung und möglichst vollkommenem Güteverhältnis läuft.

Schliesslich ist nicht zu verkennen, dass die elektrischen Maschinen eine bedeutend exaktere und raschere Manöverierfähigkeit besitzen, als Dampfmaschinen, und dass sich daher bei dem Betrieb der ersteren trotz günstigerer Geschwindigkeitsverhältnisse beim Anfahren und Anhalten eine wesentliche Erhöhung der Betriebssicherheit konstatieren lässt.

Da die Förderung meist mit konstanter Geschwindigkeit bewirkt wird, unabhängig davon, ob die Last grösser oder kleiner ist, und da auch Variationen in der Geschwindigkeit je nach dem Charakter der Fahrt gewünscht werden, so eignen sich für Fördermaschinen Gleichstrom-Nebenschlussmotoren und Drehstrommotoren.

Bei diesen Motoren kann auch zu Zeiten ein Teil der aufgewendeten Energie wiedergewonnen werden. Sie bieten aber auch an sich die Sicherheit, dass sie selbst bei vollkommener Entlastung nie durchgehen können und immer unterhalb einer bestimmten Geschwindigkeitsgrenze bleiben. Dies tritt selbst dann auf, wenn der Motor zeitweilig Energie an das Netz zurückgibt, wie bei langsamer Revisionsfahrt und einseitigem Ueberwiegen des Seilgewichtes eintreten kann. Diese Eigenschaft macht den elektrischen Betrieb unempfindlich gegen die Unachtsamkeit des Maschinisten, welchem sonst fast allein die Betriebssicherheit überantwortet ist.

Da nun die genannten Arten von Elektromotoren nie eine grössere als ihre bestimmte Höchstgeschwindigkeit annehmen können, so kann man die Periode der Beschleunigung kurz machen, länger mit der Normalgeschwindigkeit fahren und innerhalb eines kürzeren Zeitraumes stillhalten. Bei einer Dampffördermaschine aber hängt es von der an sich sehr kurzen Zeit der Vollfüllung ab, welche Geschwindigkeit erreicht wird. Ist diese Zeit etwas zu kurz, so muss später nachgeholfen werden, ist sie etwas zu lang, so muss die Geschwindigkeit abgebremst und am Ende des Hubes sogar durch Gegendampf vernichtet werden.

Schliesslich ist noch das stets konstante Drehmoment der Elektromotoren im Gegensatz zu dem pendelnden Drehmoment der Dampfmaschine zu erwähnen, welches einen sehr vorteilhaften Einfluss hat bezüglich der Verminderung der Seilschwingungen.

Sehr interessant sind die Fahrdiagramme, welche Köttgen gibt (Fig. 284 und 285). Die Abszissen stellen die Zeit in Sekunden vor, die Linie a die Stromstärke im Anker, die Linie b die erreichte Geschwindig-

keit. Da die Spannung als konstant anzunehmen ist, so gibt die Fläche der Linie a in Ampèresekunden mal der konstanten Spannung ein Bild des Energieverbrauches. Die Linie a gibt aber auch ein Bild der Drehmomente und des Seilzuges, weil während einer Fahrt die Magneterregung der Motoren als konstant betrachtet werden kann. Beim Einschalten tritt eine hohe Stromstärke plötzlich auf, oft mehr als zwei-, auch dreimal so hoch, als die mittlere Stromstärke; demzufolge ist auch das Anzugsmoment gross und die Geschwindigkeit steigt sehr rasch auf ihre normale Grösse, wobei die Stromstärke wegen der Entlastung des Seilgewichtes abnimmt. Kurz vor dem Anhalten, in der Praxis oft nur 1 m vorher, wird der Strom abgeschaltet, die Geschwindigkeit sinkt wieder rasch, wohl stark beeinflusst durch die Bremsen, und es wird notwendig, zum endgültigen Einfahren und Anhalten noch einen kleinen Stromstoss auf die Motoren zu geben. Das Ende der Geschwindigkeitskurve hängt von ihren Ordinaten ab und gibt an, innerhalb welcher Zeit der ganze Hub beendet war.

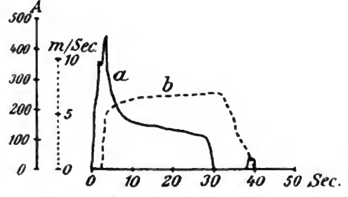


Fig. 284. Fahrtdiagramm nach Köttgen.

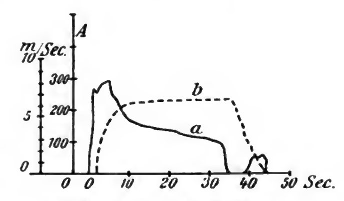


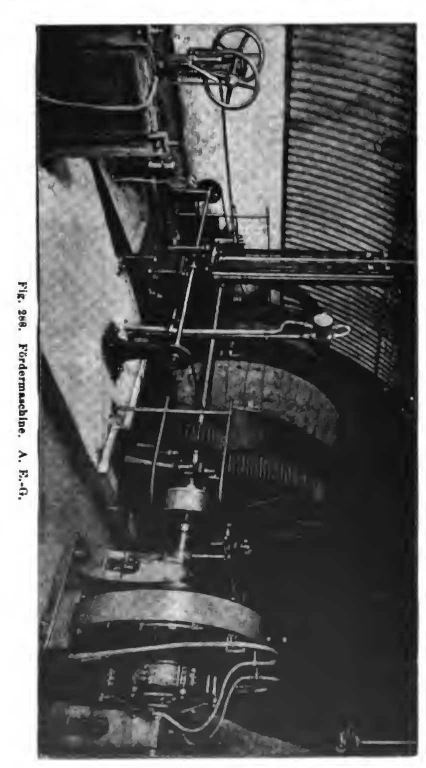
Fig. 285. Fahrtdiagramm nach Köttgen.

Je grösser die Anfahrstromstärke, desto kürzer braucht die Beschleunigungsperiode zu dauern (Spitzen in Linie a geben ein steiles Ansteigen von b).

Einfach ist die Anordnung der Fördermaschine Westinghouse, Fig. 286, während die Fördermaschine der A. E.-G., betrieben mit Drehstrom, trotz mehrfacher Zahnradübersetzungen sehr übersichtlich disponiert ist (Fig. 287). Insbesondere verdient hier die Fördermaschine Fig. 288 erwähnt zu werden (A. E.-G. für die Eisenerzgrube „Hollertszug“ bei Siegen). Dieselbe hat zwei konische Seiltrommeln, welche auf gemeinsamer Achse verstellbar angeordnet sind. Der Durchmesser ist im Mittel 1,5 m, die Breite 1,0 m. Das Seilgewicht ist vollständig ausgeglichen.

Jede Trommel ist mit einem Zahnrad verbunden, und beide Räder sind durch je ein, auf gemeinsamer Welle befestigtes Triebrad bewegt. Die Welle ist mit elastischer Isolierkuppelung mit dem Elektromotor

diese Methode wird nun eine überaus exakte Regulierung geboten, umsomehr, als der Nebenschlussregulator der Primärmaschine direkt bei der Fördermaschine steht, so dass von hier aus der ganze Betrieb reguliert wird. Das Umkehren der Drehrichtung wird durch einen Umschalter des Hauptstromes bewirkt, welcher mit dem Hebel des Nebenschlussregulators verbunden ist. In der Mittel-(Ruhe-)Stellung ist der Hauptstrom unterbrochen.


Fig. 288. Fördermaschine. A. E.-G.

Falls aus irgend einem Grunde der Strom während der Arbeit unterbrochen wird, genügt natürlich die wenn auch noch so rasche Betätigung der Bremse durch den Maschinisten nicht; es ist vielmehr, analog wie bei Laufkranen und Winden, auch hier eine Notbremse vorgesehen, die im Augenblick des Anfahrens durch einen Bremslüftungs-Magneten gelüftet wird, der mit dem Motor in Serie geschaltet ist, während sie niederfällt und bremst, wenn der Strom aufhört.

Ganz grosse Fördermaschinen werden mit langsam laufenden Elektromotoren, welche zu diesem besonderen Zweck konstruiert sind, direkt gekuppelt und mit ganz besonderen Anlass- und Regulierapparaten versehen.

Einige sehr schöne Konstruktionen der Firma Lahmeyer, Frankfurt, zeigen die folgenden Bilder.

spannung ca. 60, bei 450 Volt ca. 120 eff. PS., und verbraucht im letzteren Fall ca. 100 Kilowatt.

Die geschilderte Anlage wird von einer Dampfmaschine von 180 eff. PS. betrieben, welche als Stromgenerator eine Nebenschlussmaschine treibt. Da demnach bei Angehen unter Belastung der erforderte momentane Kraftbedarf eine starke Rückwirkung auf die Primäranlage ausüben würde, so erfolgt das Anlassen, Abstellen und Regulieren der Fördermaschine nicht mittels eines Anlasswiderstandes, sondern durch Aenderung der Magneterregung des Generators. Es



Fig. 287. Fördermaschine. A. E.-G.

muss demnach im Magnetstromkreis des letzteren ein Nebenschlussregulator eingeschaltet sein, welcher bei konstanter Tourenzahl der Primärmaschine durch Einschalten von Widerstand ein schwächeres Feld erzeugt, durch Ausschalten ein stärkeres und damit die Spannung der Primärmaschine bezw. des dem Hauptstrommotor zugeführten Stromes vermindert bezw. vermehrt. Da nun diese Motoren die Tendenz haben, immer die ihnen zugeführte elektromotorische Kraft durch eine annähernd gleich grosse, die Gegenkraft, zu paralysieren, so benötigen sie immer umsomehr Touren zur Erzielung der erforderlichen elektromotorischen Gegenkraft, je grösser die zugeführte elektromotorische Kraft ist. Kurz, mit der Spannung wächst die Tourenzahl des Motors. Durch

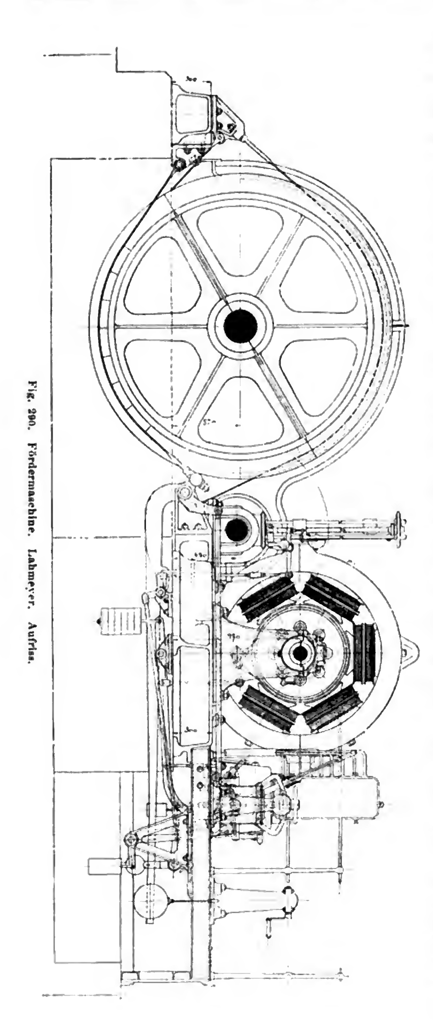


Fig. 290. Fördermaschine. Lahmeyer. Aufriss.

werden; bei Personenförderung kann die Geschwindigkeit auf 3 m vermindert werden. Die Förderteufe beträgt 300 Meter. Es sind zwei Seiltrommeln von 2200 mm Durchmesser und 950 mm Breite vorhanden, wie auch die Figuren 290 und 291 erkennen lassen. Sie sitzen auf einer gemeinsamen Welle und werden mittels doppeltem Rädervorgeleges von e i n e m Elektromotor angetrieben. Dieser hat 160 PS. normale und 200 PS. maximale Leistung und macht 300 Umdrehungen. Eine Verschiebung der Kohlenbürsten ist bei veränderter Belastung nicht erforderlich. Der verwendete Strom ist Gleichstrom, 440 Volt, der Motor als Nebenschlussmotor gewickelt.

Die Manipulation findet auf einem an das Fundament der Fördermaschine angebauten Podium statt, welches den Fahrschalter und die Bremsen enthält. Von letzteren sind drei vorhanden und zwar die eigentliche Manövrierbremse, welche auf der Motorwelle sitzt und durch einen Hebel mit

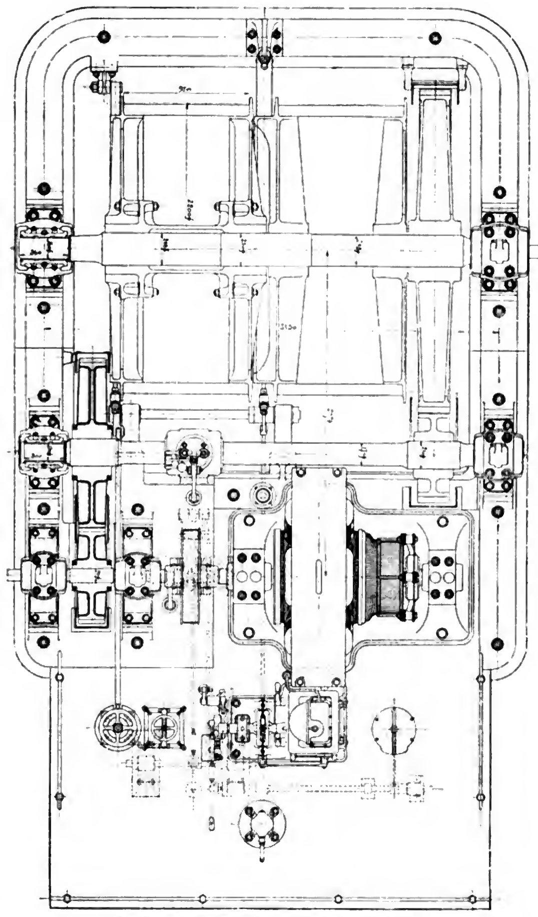


Fig. 291. Fördermaschine. Lahmeyer. Grundriss.

Fusstritt in Tätigkeit gesetzt wird; ferner eine Fallgewichtsbremse an der einen Trommel, welche von Hand oder durch einen Bremslüftungs-

magneten gelüftet wird; endlich eine Bremse an der zweiten, auf der Hauptwelle lose sitzenden Trommel, welche beim Verstecken der letzteren benützt wird.

Der Steuerapparat ist ein Fahrschalter, welcher auf einem gusseisernen Kasten steht, in welchem die Umschaltung für Vor- und Rückwärtslauf und für Veränderung der Geschwindigkeit bewirkt wird. Vor dem letzterwähnten Kasten befindet sich die Universalsteuerung zur Regulierung der Steuerwalze.

Durch das relativ grosse Spiel des Hebels ist ein genaueres Einstellen ermöglicht. (Fig. 292.)

Instruktiv ist auch die in Fig. 289 sichtbare Schaltwand, auf welcher zwei ausschaltbare einpolige Sicherungen, ein selbsttätiger Ausschalter für Ueberstrom, ein ebensolcher Ausschalter für Nullstrom, eine Anschlussvorrichtung für die tragbare Besichtigungslampe, der Nebenschlussregler und die Apparate für die Beleuchtung des Arbeitsfeldes angebracht sind.



Fig. 292. Fahrschalter zur Fördermaschine.

Die Verminderung der Geschwindigkeit zum Zweck der Personenfahrt erfolgt dadurch, dass man die Magnetspulen am Motor parallel schaltet; auf diese Weise wird die Tourenzahl des Motors auf etwa 200 vermindert, und demzufolge sinkt auch die Tourenzahl der Seiltrommeln. Entgegen der Methode der Tourenregulierung durch Vorschalten von Widerständen vor den Anker arbeitet diese Methode ohne Energieverluste. Die noch viel geringere Geschwindigkeit, welche zur Seilrevision erforderlich ist und etwa 0,2 m beträgt, wird gleichfalls ohne Widerstände und ohne Energieverlust bewirkt. Zu diesem Zwecke ist die Fördermaschine mit einem kleinen Umformer ausgestattet, welcher die normale Netzspannung derart umformt, wie es zur Erreichung der geforderten Geschwindigkeit notwendig ist.

Sehr bemerkenswert sind die Vorrichtungen, welche den Uebergang von Arbeitsfahrt auf Seilrevision und umgekehrt ermöglichen, ohne dass irgend eine falsche Bewegung vom Maschinenwärter hervor-

gebracht werden könnte. Zu diesem Zwecke sind alle Umschalter mechanisch verriegelt, ebenso der Tritthebel der Manövrierbremse mit dem Steuerhebel des Anlassers. Man kann daher nur nach Ausschalten des Stromes bremsen. Bei Unachtsamkeit des Führers wird der Anlasser selbsttätig in die Nullstellung zurückgebracht; ausserdem sind noch Endausschalter vorgesehen, welche ein Ueberheben über die Hängebank verhindern.

Bei Ausbleiben der Netzspannung kommt eine Bremse in Tätigkeit, welche sonst durch den Strom mit Hilfe eines Magneten gelüftet erhalten wird.

Auf dem „Richardschacht" in Brüx haben die Oesterreichischen Schuckertwerke in Wien eine grössere Förderanlage erbaut, welche manches Interessante bietet. Der Richardschacht liegt in der nächsten Nähe der Stadt Brüx, und es war daher geboten, Geräusch, Dampfentwickelung und andere Belästigungen zu vermeiden. Deshalb wurde elektrischer Antrieb gewählt und die Kraftübertragung durch unterirdisch verlegte Kabel bewirkt.

Es kommt Drehstrom mit 550 Volt Spannung zur Anwendung.

Eine Ansicht des Innern des Maschinenhauses ist in Fig. 293 zu sehen. In demselben sind zwei liegende Compound-Dampfmaschinen mit je zwei Zylindern aufgestellt, von denen jede bei 125 Umdrehungen 260 PS. leistet. Jede Dampfmaschine ist mit einem Drehstromgenerator von 215 K. V. A. zusammengebaut, derart, dass die Magneträder direkt auf den Wellen der Dampfmaschine zwischen den Kurbeln sitzen. Die Spannung beträgt 550 Volt, die Zahl der Polwechsel 100. Der Ungleichförmigkeitsgrad der Maschinen beträgt zufolge der schweren Massen der Magneträder $^1/_{200}$.

Das Magnetrad rotiert innerhalb des feststehenden Ankerringes, der aus Eisenblechsegmenten mit Papierzwischenlagen zusammengesetzt ist und von einem gusseisernen Gehäuse umschlossen wird.

Zur Erzeugung des Erregerstromes, Gleichstrom von 100 Volt Spannung, dient je eine Gleichstrommaschine, welche neben der Dampfmaschine steht und von derselben mittels Schleppkurbel angetrieben wird.

Jeder Generator reicht für den normalen Betrieb vollkommen aus. Hierzu gehören:

a) Zur Förderung von 1700 Hunten in 10 Stunden aus 53 m Teufe dient eine liegende Fördermaschine (Fig. 294), welche einetagige Förderschalen von 1900 kg Eigengewicht besitzt und 900 kg Ladung fördern kann. Sie wird durch einen Drehstrommotor von 105 PS. bei 295 Umdrehungen mittels Rädervorgeleges angetrieben. Die grossen Zahnräder besitzen hohle, mit Zementbeton ausgegossene Zahnkränze, um das

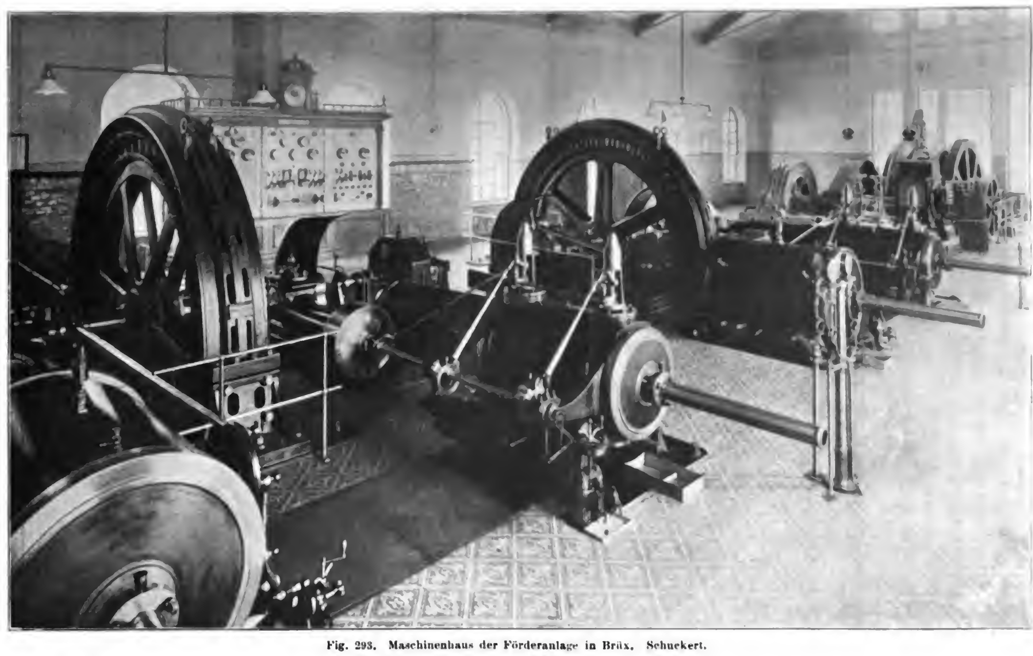


Fig. 293. Maschinenhaus der Förderanlage in Brüx. Schuckert.

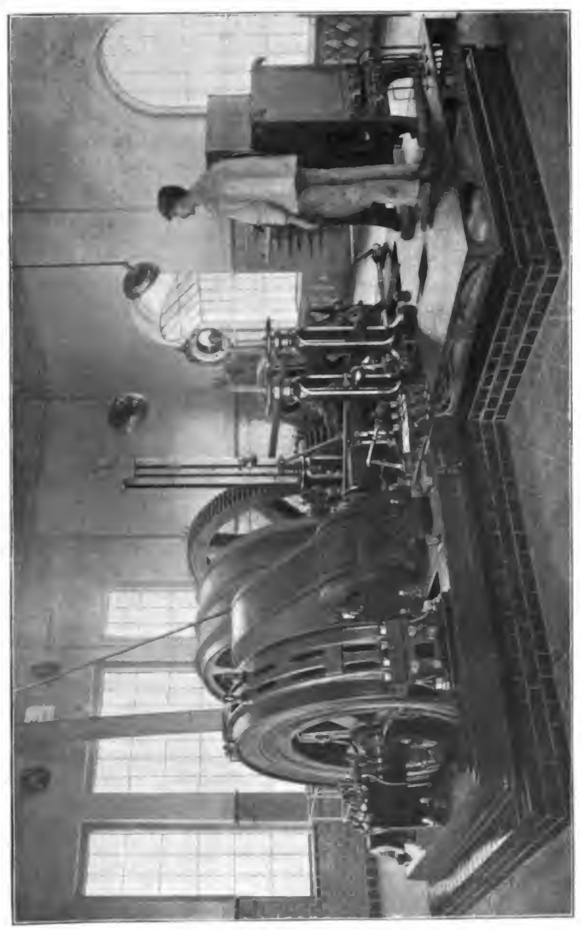


Fig. 294. Fördermaschine Brüx.

Tönen der Räder zu vermindern; ausserdem ist ein kleines Rad aus Rohhaut angefertigt.

Die Treibkörbe haben 3000 mm Durchmesser und 350 mm Breite. Sie tragen einen Belag aus Eichenbohlen, in welchem schraubenförmig Seilrillen eingedreht sind. An jedem Treibkorb ist aussen ein Bremskranz angegossen, an welchem eine doppelte Backenbremse angreift. Diese kann entweder durch Fusstritt mit einer totalen Uebersetzung von 1 : 63, oder durch Handrad mit Schraubenspindel bei totaler Uebersetzung 1 : 45 an dem einen Bremshebel, oder endlich durch ein 250 kg schweres Fallgewicht an dem anderen Bremshebel bei 1 : 30 totaler Uebersetzung betätigt werden.

Das Heben des Fallgewichtes geschieht durch Handrad und Schraubenspindel, die in einer Säule angeordnet sind, in welcher auch der Auslösemechanismus für das Fallgewicht untergebracht ist. Unterhalb der Säule befindet sich ein Lastkatarakt, durch welchen die Fallgeschwindigkeit des Gewichtes reguliert wird, um das Bremsgestänge nicht durch zu plötzliches Herabfallen des Gewichtes gefährlich zu beanspruchen.

Auf der Vorgelegswelle befindet sich eine gusseiserne Bremsscheibe von 1500 mm Durchmesser, auf welche eine durch einen eigenen Bremsmotor betätigte Backenbremse wirkt. Dieser Bremsmotor wird vom Anlasser des Fördermotors selbsttätig und zwangläufig so gesteuert, dass beim Ausschalten des letzteren der erstere eingeschaltet wird, und umgekehrt.

Beim Uebertreiben der Förderschale über die Hängebank wird durch den Teufenzeiger der Fallgewichtshebel ausgelöst und gleichzeitig der Fördermotor aus- und dadurch der Bremsmotor eingeschaltet, so dass beide Bremsen, jene am Treibkorbe und jene am Vorgelege, in Tätigkeit gesetzt werden.

Ausserdem wird die Fallgewichtsbremse noch durch ein Gewicht betätigt, welches normal durch den Bremslüftungsmagneten getragen wird, so lange die Hauptleitung unter Strom steht, jedoch fallen gelassen wird, sobald die Leitung stromlos wird. Diese Auslösung kann auch von Hand bewirkt werden.

Der Tritthebel der Fussbremse ist mit dem Handrade des Anlassers zwangläufig verbunden, so dass der Tritthebel der Bremse nur dann betätigt werden kann, wenn der Fördermotor ausgeschaltet ist.

b) Der Hunteaufzug. Vom Niveau des Tragkranzes werden die geförderten Hunte auf den Horizont der Sortierung gehoben. Dies geschieht mittels eines Aufzuges für 11 m Hubhöhe. Die Bruttolast des vollbeladenen Aufzuges, der eintrumig ist, beträgt 1720 kg, wovon 1180 kg durch ein Gegengewicht ausgeglichen sind. Die Aufzugswinde ist mit einem Drehstrommotor von 8 PS. bei 940 Umdrehungen ausgerüstet, der mittels eines Schneckengetriebes auf die Trommelwelle

arbeitet. Die Motorwelle ist mit der Schneckenwelle durch eine Lederkuppelung verbunden, die gleichzeitig als Bremsscheibe für eine durch einen kleinen Bremsmotor betätigte Bremse dient.

c) Die Separation. Die Kohlensortierung ist mit einem Kreiselwipper, zwei Kaliberrosten, einem Becherwerk, anschliessendem Transportband, Stücktransportband und Klaubbändern ausgerüstet.

Die Stückkohle wird durch das Transportband direkt in die Waggons getragen, die übrigen Sorten fallen in Magazine, aus denen sie verladen werden. Die leeren Hunte werden mittels einer Kette vom Wipper selbsttätig zum Schacht zurückbefördert.

Der Antrieb der gesamten Separation erfolgt durch einen Elektromotor von 30 PS. Leistung bei 480 Umdrehungen, welcher mittels Zahnradantriebes auf eine Haupttransmissionswelle von 60 Umdrehungen arbeitet. Der Motor kann von verschiedenen Stellen der Separationsanlage im Falle einer Gefahr plötzlich abgestellt werden.

d) Schiebebühne. Die leeren Waggons werden vom Verschubgleise durch eine versenkte Schiebebühne auf die Verladegeleise gebracht. Hierzu wird ein stationärer Motor von 18 PS. verwendet.

e) Die Werkstätte wird mit einem 17 PS.-Motor betrieben.

f) Die Wasserhaltung befindet sich unter Tag neben dem Füllort und besteht aus einer Triplex-Plungerpumpe für eine Leistung von 3 m^3 in der Minute und einer Drehpumpe von 2,5 m^3 als Reserve. Beide Pumpen heben das Wasser auf 56 m Höhe. Zum Antrieb der ersteren dient ein Motor von 45 PS. bei 580 Umdrehungen, welcher mittels Stufenscheiben und Riemen antreibt; die letztere ist mit einem Motor von 40 PS. bei 720 Umdrehungen direkt gekuppelt.

g) Zur Förderung der Hunte im Stollen dient eine Seilförderanlage, welche von einem Motor von 35 PS. bei 720 Umdrehungen betätigt wird.

h) Endlich wird auch noch die Beleuchtung mittels Gleichstrom betrieben, wofür ein Drehstrom-Gleichstromumformer von 22 PS. bei 97 Umdrehungen, d. h. 15 KW. und 110 Volt, vorhanden ist.

Erwähnenswert ist auch eine Fördermaschine der Vereinigten Elektrizitätsgesellschaft in Wien, welche zum abwechselnden Betrieb mit Dampf oder mit elektrischem Strom eingerichtet ist (Fig. 295 und 296).

Von der Vereinigten Elektrizit.-Gesellschaft Wien rührt auch eine Kraftübertragungsanlage in einer Hütte des Oberungarischen Berg- und Hüttenwerks A.-G. her. Diese Anlage beruht auf der Ausnützung von zwei Wasserkräften von je 100 PS., von denen die eine unmittelbar am Bergwerk sich befindet, die andere aber 3 km von demselben entfernt ist. Da der Betrieb der Motoren mit Niedrigspannung bewirkt

wird, und da es notwendig war, das Parallelarbeiten der beiden Kraftstationen ohne bedeutende Transformationsverluste zu berücksichtigen, wurde bei der ersten Kraftstation Niedrigspannung, bei der letzteren Hochspannung angewendet. Letztere wird allein transformiert und arbeitet dann im sekundären Kreis parallel mit der ersteren.

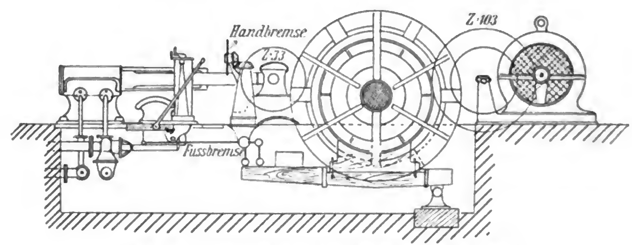


Fig. 295. Fördermaschine mit kombiniertem Antrieb. Aufriss.

Es werden betrieben:

Ein Fördermotor, ein Motor zum Antrieb einer Grubenpumpe und ein rotierender Umformer, welcher die Beleuchtung speisen kann, welche normal von einer Gleichstromdynamo betrieben wird.

Ausser dem Parallelbetrieb ist es auch möglich den Betrieb derart zu führen, dass jeder Motor von jeder der beiden Primäranlagen ge-

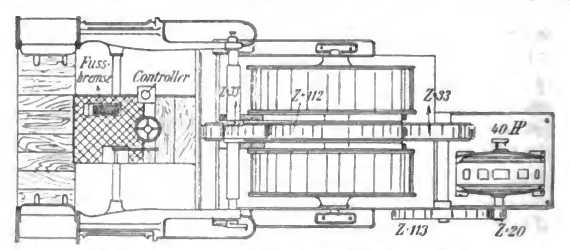


Fig. 296. Fördermaschine mit kombiniertem Antrieb. Grundriss.

trennt betätigt werden kann. Die Fördermaschine war ursprünglich mit Dampf betrieben. Die geänderte Antriebsweise ist aus Fig. 296 zu ersehen. Der Drehstrom-Fördermotor leistet 40 PS. bei 360 Umdrehungen pro Minute und arbeitet mittelst doppelter Zahnradübersetzung auf ein grosses Zahnrad, welches auf der Welle der bestehenden Fördermaschine aufgekeilt ist. Das in letzteres eingreifende kleine Zahnrad ist auf einer exzentrischen Büchse angebracht, so dass man

bei Defekten am Motor ohne Schwierigkeit die Büchse um 180° drehen, die Zahnräder ausser Eingriffe bringen und die Fördermaschine allein von der Dampfmaschine antreiben kann.

2. Wasserhaltung.

Die Anwendung elektrischen Antriebes auf Pumpen bietet natürlich nicht die geringste Schwierigkeit, und es ist insbesondere im Bergwesen von Wichtigkeit, diese Anwendung zu bewirken. Denn da man mit Rücksicht auf die geringe Saughöhe aller Pumpen die letzteren nie höher stellen darf, als etwa 7 m vom Wasserspiegel entfernt, so müsste man bei Anwendung anderer als elektrischer Pumpen, wenn nicht lästige und komplizierende Gestänge angewendet werden sollten, die Rohrleitungen für Dampf oder Luft bis zur Tiefe der Grube leiten. Es ist nun klar, dass in der Grube ausser den sonstigen Untugenden solcher Rohrleitungen, nämlich der Bildung von Kondenswasser, dem Undichtwerden und dem grossen Platzbedarf, auch noch die Notwendigkeit der Umhüllung oder Verschalung in Frage kommt, damit das Personal nicht in die Lage kommt, die Rohre zu berühren, und dass die Rohre direkt wie Heizkörper wirken und die in der Grube ohnehin schon warme und häufig stagnierende Luft meist unerträglich machen. Man kann bei allen Gruben, wo elektrischer Betrieb eingeführt wurde, den Nachweis erbringen, dass die Temperatur in denselben wesentlich herabgegangen ist.

Da nun überdies die Zuführung des Stromes durch biegsame Leitungen mit der grössten Leichtigkeit bewirkt werden kann, während Rohre immer umständliche Verlegungs- bezw. Verlängerungsarbeiten erfordern, so zeigt sich ohne weiteres die bedeutende Ueberlegenheit der elektrisch angetriebenen Pumpe für Wasserhaltung in Bergwerken, insbesondere beim Abteufen eines Schachtes oder als Speisungspumpe für eine grosse Wasserhaltung aus einem nahegelegenen „Sumpf".

Eine solche Abteufpumpe zum Betrieb mit einem Drehstrommotor mit Zahnradantrieb zeigt Fig. 297 (Union, E.-G.). Der Elektromotor ist hierbei oben auf den Rahmen gestellt, welcher die Lager für die Zahnradvorgelege und die Flantschen für die Plungerpumpe und deren Windkessel enthält, und das ganze System ist an einem Flaschenzug aufzuhängen und mittels desselben zu heben und zu senken.

Die A. E.-G. baut eine mehrfache Plungerpumpe in ein schmiedeeisernes Gerüst, dessen obere Abteilung der Motor nebst den Zahnradtrieben einnimmt. Auch dieses System ist im ganzen mittels einer Seilaufhängung zu heben oder zu senken und arbeitet zufolge einer Bedachung fast ganz ohne Gefahr der Benetzung von oben. Dem

entgegen wird bei der Abteufpumpe der Union kein Wert darauf gelegt, das Wasser von oben abzuhalten, sondern es ist vielmehr die ganze Maschine derart konstruiert, dass sie ganz, auch der Motor, im Wasser arbeiten kann, was zweifellos als ein Vorzug zu betrachten ist.

Eine grössere Wasserhaltungsmaschine der A. E.-G. auf der Eisenerzgrube „Hollertszug" zeigt Fig. 298. Dieselbe ist eine Doppelplungerpumpe mit zwei Differenzialplungerkolben von 157 bezw. 113 mm Durchmesser. Sie macht 80 Umdrehungen pro Minute und liefert in dieser Zeit ca. 1500 Liter Wasser. Ihre Leistung beträgt 120 eff. PS., da sie auf 160 m fördern soll. Es ist nicht ohne Interesse, wie man sich ohne Alterierung der ganzen übrigen Anlage helfen kann, wenn, wie dies hier anfänglich der Fall war, die Förderhöhe nur ca. 80 m, somit die Leistung nur die Hälfte der normalen beträgt. Es wurde nämlich der zur Pumpe gehörige Gleichstrommotor, solange er nur ca. die halbe Leistung zu geben hatte, mit einem Anker versehen, der bei 450 Volt Netzspannung für 900 Volt gewickelt war; durch Austausch des Ankers mit einem solchen für 450 Volt erreichte man dann die normale Leistung.

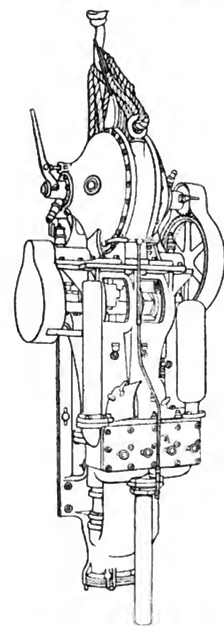


Fig. 297. Abteufpumpe. Union.

Weitaus grössere Leistung ergibt die unterirdische Wasserhaltungsanlage mit elektrischem Betrieb in Höntrop bei Bochum, welche gleichfalls von der A. E.-G. ausgeführt wurde. Dieselbe hat eine Leistungsfähigkeit von 6 m³ Wasser pro Minute, welches auf 450 m Höhe gefördert werden muss. Die Kraftanlage besteht aus einer Compound Dampfmaschine von ca. 1000 PS. (Görlitz), welche direkt auf der Kurbelwelle den Induktor der Dynamomaschine trägt; die Maschine macht 105 Umdrehungen und wird mit Dampf von 7 Atm. Ueberdruck gespeist (Fig. 299, 300, 301).

Die Dynamomaschine ist eine Drehstrommaschine mit 2000 Volt verketteter Spannung, welche bei induktiver Belastung, wie dies bei Motorenbetrieb eintritt, 650 KW. leistet. Die Stromwechselzahl beträgt 49 in der Sekunde. Das Gehäuse der Dynamo ist in Stahlguss ausgeführt, die Hochspannungswickelung besteht aus Stäben, welche

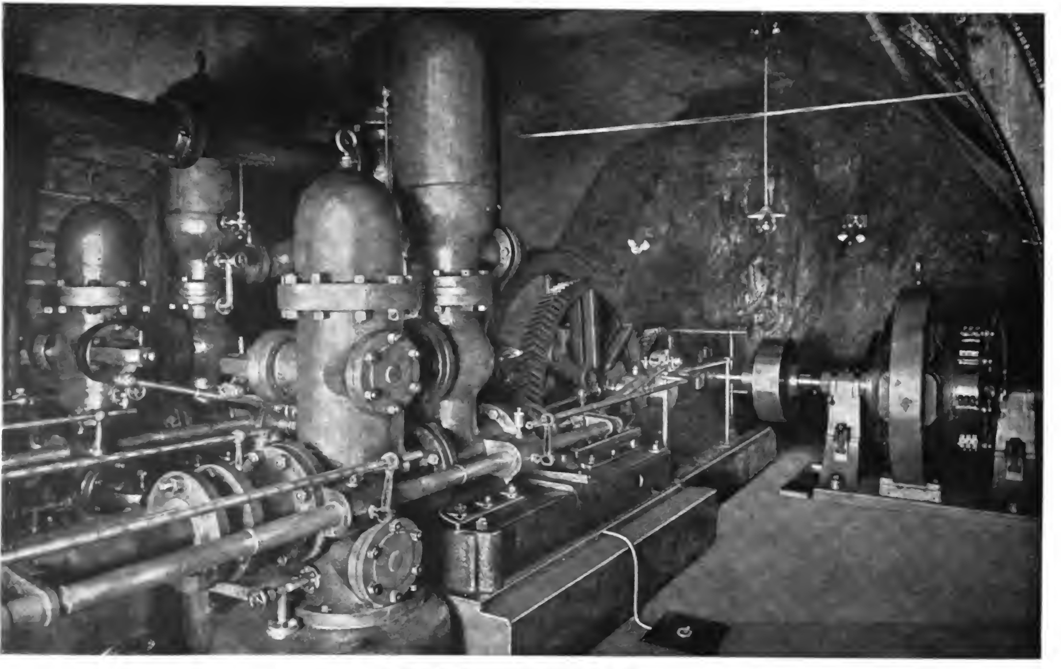


Fig. 298. Wasserhaltungsmaschine 120 PS.

in Nuten des Blechkernes der Armatur mittels Isolierhülsen aus Glimmermasse angebracht sind. Es ist notwendig, dafür zu sorgen, dass alle Teile des Rotors im Bedarfsfalle rasch und sicher ausgewechselt werden. Um dies zu bewirken, trifft man zumeist Anstalt, dass das Polgehäuse

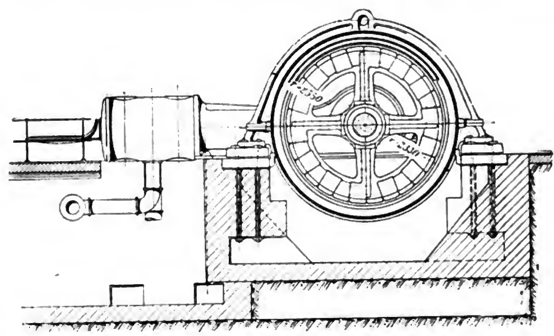


Fig. 299. Antriebsmaschine in Höntrop. 1000 PS. Aufriss.

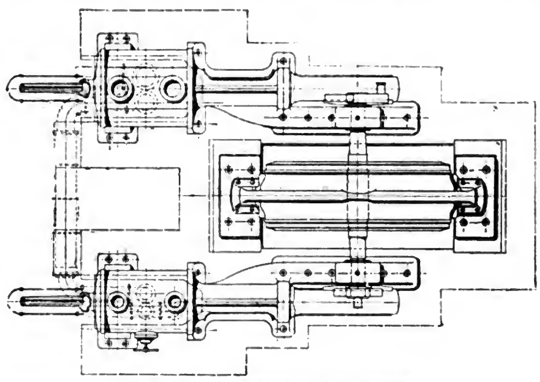


Fig. 300. Antriebsmaschine 1000 PS. Grundriss.

in der Richtung der Axe der Maschine parallel mit sich selbst verschiebbar ist. Da aber diese Anordnung ausser den die Stabilität beeinträchtigenden Spannschienen und Schrauben auch noch eine längere und, wenn nicht Vibrationen auftreten sollen, auch stärkere Welle und eine breitere Maschinengrube, somit mehr Platz benötigt, so wurde bei

der beschriebenen Anlage eine andere Methode angewendet. Es wurden nämlich die Auflageplatten des Gehäuses nicht vierekig, sondern hufeisenförmig gemacht, und das Gehäuse liegt auf denselben mittels eigener Zwischenplatten auf; diese können herausgenommen werden, und das Gehäuse ist dann, aufliegend auf dem Rotor, um die Axe drehbar, wodurch auch die unteren Teile einer Besichtigung zugänglich sind. Die Maschine hat eine gesonderte Erregung durch eine Gleichstrommaschine mit besonderem Antrieb, weil mit Hilfe der Magneterregung das Anlassen der Dampfmaschine bewirkt wird. Die Leitungslänge beträgt ca. 500 m, da der Pumpenraum sich 450 m unter Tag befindet. In demselben steht ausser der neuen elektrischen Wasserhaltung noch eine ältere

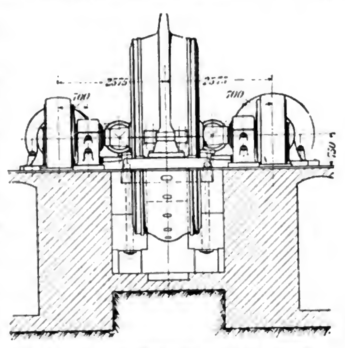
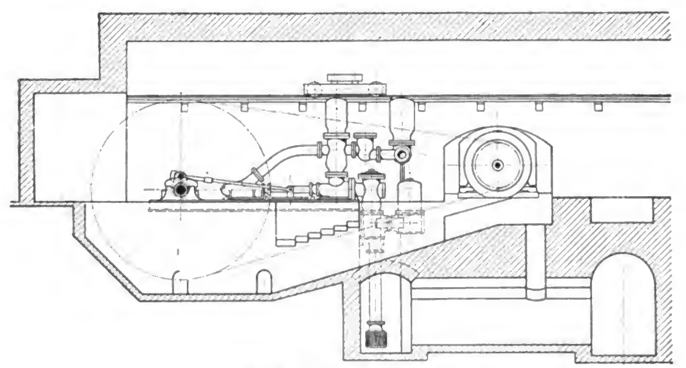


Fig. 301. Antriebsmaschine 1000 PS. Kreuzriss.


Fig. 302. Pumpenantrieb. Aufriss.

Dampfwasserhaltung, und es wurde bei gleichen Betriebsverhältnissen konstatiert, dass bei elektrischem Betrieb ziemlich trockene Luft von ca. 20° sich befindet, während bei Betrieb der Dampfpumpen die Luft feucht ist und bis 40° warm wird.

Der verwendete Drehstrommotor leistet 750 eff. PS. und macht 180 Umdrehungen; da die Pumpe nur 45 Umdrehungen macht, so wird ein Seilantrieb mit Uebersetzung ins Langsame angewendet (Fig. 302,

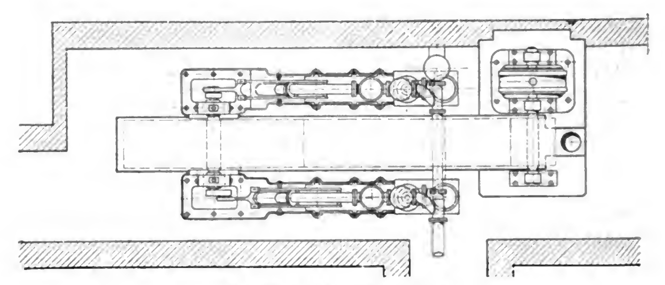


Fig. 303. Pumpenantrieb. Grundriss.

303, 304). Da ein solcher Antrieb bezw. eine solche Uebersetzung zwar durchaus einwandfrei ist, aber dennoch mehr Platz, mehr Fundierung, mehr Schmierung und Erhaltung benötigt, als ein direkter Antrieb, so hat man auch sehr langsamgehende Motoren konstruiert, deren Anker bezw. Rotoren direkt auf der Welle der Pumpe aufgekeilt sind. Eine solcher Art direkt angetriebene Pumpe ist aus Fig. 305 und 306 zu ersehen. Diese Figur ist sehr lehrreich im Vergleich mit Fig. 307 und 308, welche eine Dampfpumpenanlage gleicher Leistung mit der unbedingt notwendigen Kondensation darstellt; man sieht daraus, dass der Raumbedarf der letzteren Anlage erheblich grösser ist, als jener bei elektrischem Antrieb.

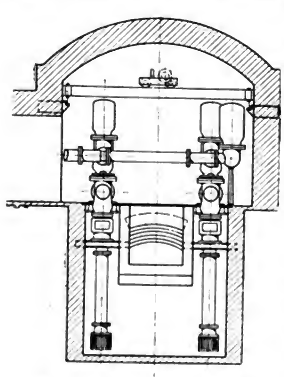


Fig. 304. Pumpenantrieb. Kreuzriss.

Es ist nun nicht zu leugnen, dass zwischen den Tourenzahlen der Elektromotoren und jenen der Pumpen ein gewisses Missverhältnis herrscht, indem die ersteren hoch sind, wenn die Motoren nicht schwer und unhandlich werden sollen, während die Pumpen mit Rücksicht auf die physikalischen Eigenschaften des Wassers und auf die Erscheinungen in den Rohrleitungen bisher nur mit geringen Tourenzahlen gebaut

wurden. Dieses Missverhältnis hat schon früher bei Dampfpumpen das Bedürfnis gezeitigt, rascher laufende Pumpen zu konstruieren, um rascher laufende Dampfmaschinen und damit einen geringeren Platzbedarf und ein ökonomischeres Arbeiten der in der Grube aufzustellenden Maschine zu erhalten. Bahnbrechend in dieser Hinsicht war

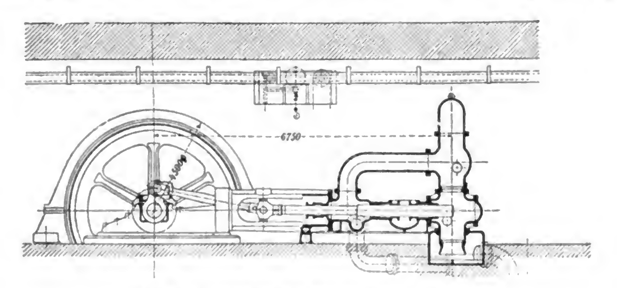


Fig. 305. Langsamgehender Motor mit Pumpe. Aufriss.

Riedler, welcher die Expresspumpe erfand, die dem Bedürfnis, mit kleineren, rascher laufenden Elektromotoren betrieben werden zu können, vollkommen entspricht. Es ist bekannt, dass das Wesentliche dieser Expresspumpe in der Anwendung von zwangläufig schliessenden Saugventilen besteht, welche trotz einer gewissen Trägheit der Wasser-

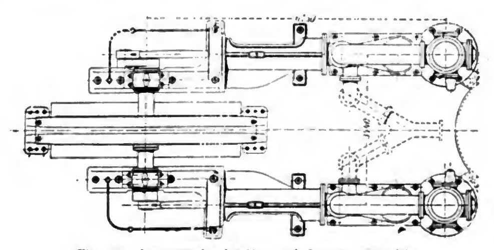


Fig. 306. Langsamgehender Motor mit Pumpe. Grundriss.

massen die Erhöhung der Umdrehungszahl bis über 300 pro Minute gestattet. Die Pumpe ist eine Plungerpumpe, und der Plunger drückt das Saugventil, welches um ihn herum in Form eines einfachen Ringes angebracht ist, am Ende der Saugperiode auf seinen Sitz (Fig. 309).

Zum Vergleich einer elektrisch betriebenen langsam laufenden Pumpe mit einer Riedlerschen direkt angetriebenen Expresspumpe dienen

die Figuren 310, 311, 312 und 313; in der ersteren sind die Räderübersetzungen zu sehen, welche bei der zweiten gänzlich entfallen.

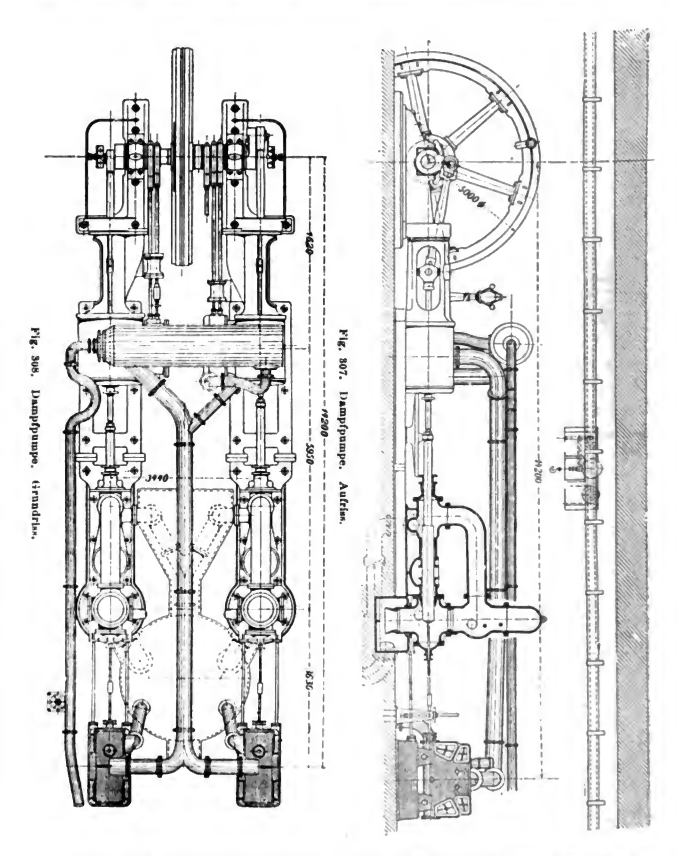


Fig. 308. Dampfpumpe. Grundriss.

Fig. 307. Dampfpumpe. Aufriss.

Figur 314 und 315 zeigt eine direkt betriebene Expresspumpe für eine unterirdische Wasserhaltung des **Lothringer Hüttenvereins** in Aumetz; dieselbe leistet 3 m³ pro Minute auf 250 m Förderhöhe, die Tourenzahl ist 300.

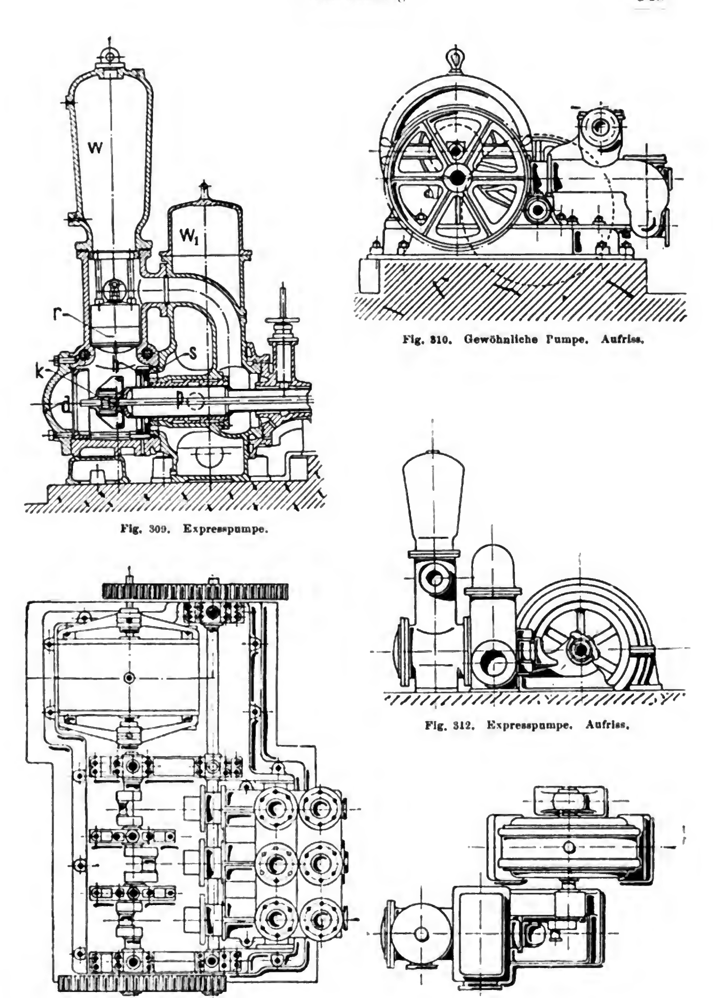


Fig. 309. Expresspumpe.

Fig. 310. Gewöhnliche Pumpe. Aufriss.

Fig. 311. Gewöhnliche Pumpe. Grundriss.

Fig. 312. Expresspumpe. Aufriss.

Fig. 313. Expresspumpe. Grundriss.

Fig. 314. Expresspumpe. Aufriss. 3 m³.

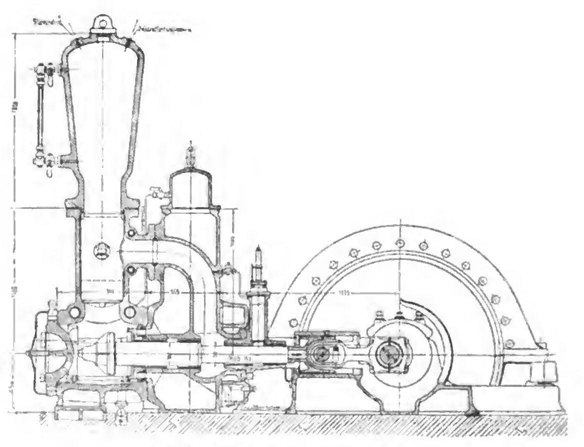


Fig. 316. Expresspumpe. Aufriss. 1,1 m³.

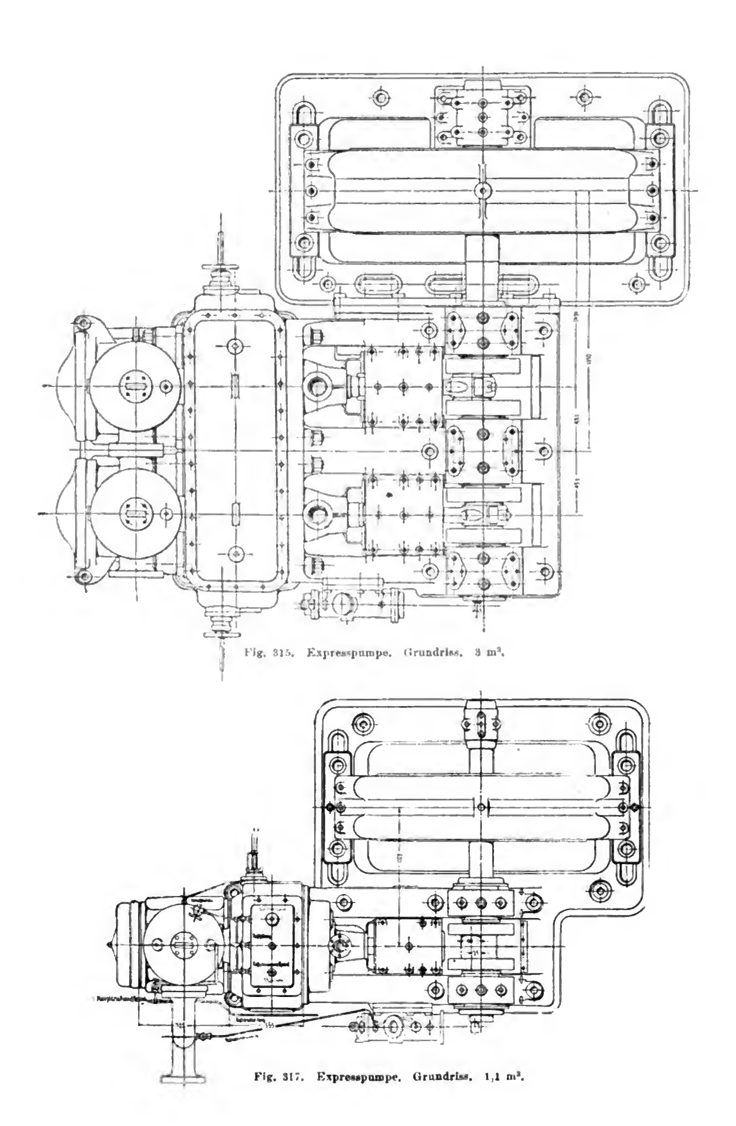


Fig. 315. Expresspumpe. Grundriss. 3 m³.

Fig. 317. Expresspumpe. Grundriss. 1,1 m³.

In Fig. 316 und 317 endlich ist eine Pumpe, direkt mit Drehstrom angetrieben dargestellt, welche 390 Umdrehungen macht und bei 260 m Förderhöhe 1,1 m³ pro Minute Wasser fördert.

Diese wenigen Beispiele zeigen die vielseitige Anwendbarkeit des elektrischen Antriebes auf Wasserhaltungsmaschinen, wobei noch die ausgezeichnete Eigenschaft der Elektromotoren in die Wagschale fällt, dass dieselben, Gleichstrom wie Drehstrom, wasserdicht gekapselt werden können und an den ungünstigsten Stellen, selbst unmittelbar im Wasser, tadellos arbeiten.

Die Vorteile des Elektromotors, geringer Raumbedarf, unmittelbarer Antrieb, bequeme Kraftzufuhr und hohe Betriebssicherheit kommen hinsichtlich der Wasserhaltung recht zur Geltung, seit man langsam laufende Motoren baut. Eine solche langsam laufende Wasserhaltungs-Pumpe der Firma Lahmeyer & Co., in Frankfurt a. M., deren maschineller Teil von der Firma Haniel & Lueg herrührt, zeigen im Massstab 1 : 100 die Fig. 318, 319, 320. Sie fördert aus einer Teufe von 450 m 5,5 m³ pro Minute und absorbiert dabei 650 PS. bei 60 Umdrehungen pro Minute.

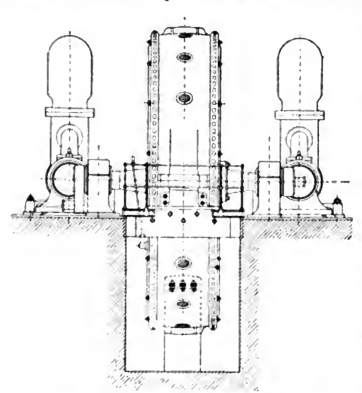


Fig. 318. Wasserhaltungspumpe. Aufriss.

Diese Pumpe ist eine Zwillings-Differenzial-Pumpe und wird von einem 650-pferdigen asynchronen Drehstrommotor Modell H 650/60 angetrieben. Der Motor läuft direkt mit Hochspannung von 2000 Volt und 50 Polwechseln pro Sekunde und macht hierbei nur 60 Touren. Der Magnetkreis steht fest und es dreht sich in ihm ein Schlussanker, welcher direkt auf der Kurbelwelle der Pumpe sitzt. Der Durchmesser des Schlussankers beträgt 4,7 m, seine Breite 450 mm. Der ganze Anker ist aus 8 Teilen zusammengefügt, damit die Einbringung in den Schacht möglich war. Der Ständer hat 5 m Durchmesser und ist in ein 4teiliges Eisengehäuse von 5800 mm Durchmesser eingebaut. Das Gehäuse wird beiderseits durch eine 8teilige Versteifung gestützt. Wenn man das Gehäuse bezw. den Primäranker untersuchen will, klemmt man ihn mittels Druckschrauben an der Welle fest und kann ihn dann mit dieser drehen.

Man kann auf diese Art nach und nach selbst bei sehr ungünstigen Raumverhältnissen alle Teile der Wickelungen leicht zugänglich bekommen. Auch lässt sich dadurch der Anker bezw. das Gehäuse be-

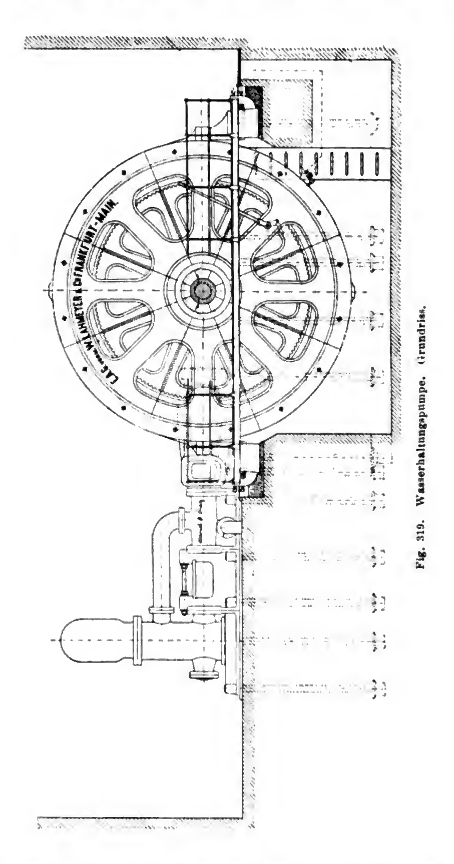


Fig. 319. Wasserhaltungspumpe. Grundriss.

quem zentrieren. Zu beiden Zwecken liegt der Gehäusering nicht mit den Tragpratzen direkt auf dem Fundament, sondern es sind gusseiserne Füsse vorgesehen, welche sich mit Keilen und Druckschrauben genau

in horizontaler und vertikaler Richtung einstellen und sogar ganz entfernen lassen. Zum bequemen Drehen sind an Gehäuse sowohl als an den Läufen Zahnkränze angegossen.

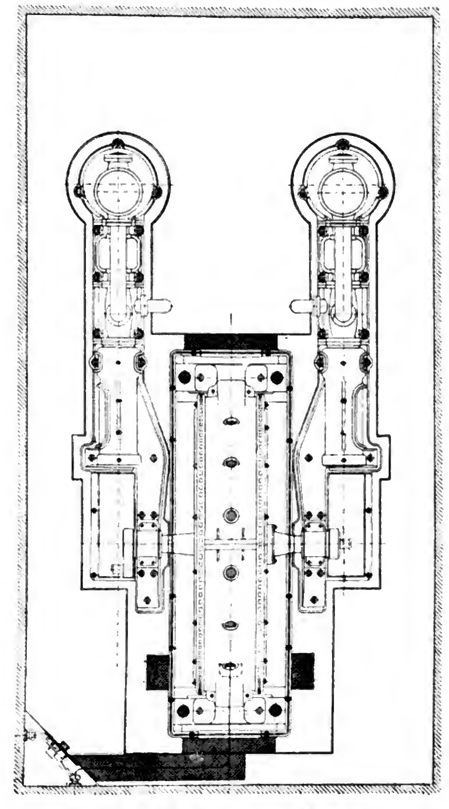


Fig. 320. Wasserhaltungspumpe. Kreuzriss.

Das Anlaufen der Pumpe wird gleichzeitig mit der Primärmaschine bewirkt, indem man das Druckwasser aus der Druckleitung auf die

Pumpenkolben wirken und so die Pumpe als hydraulischen Motor den Elektromotor antreiben lässt.

Die Ansicht der in Fig. 316 dargestellten Riedlerschen Expresspumpe zeigt Fig. 321. Kleinere Pumpen können nicht unmittelbar von einem

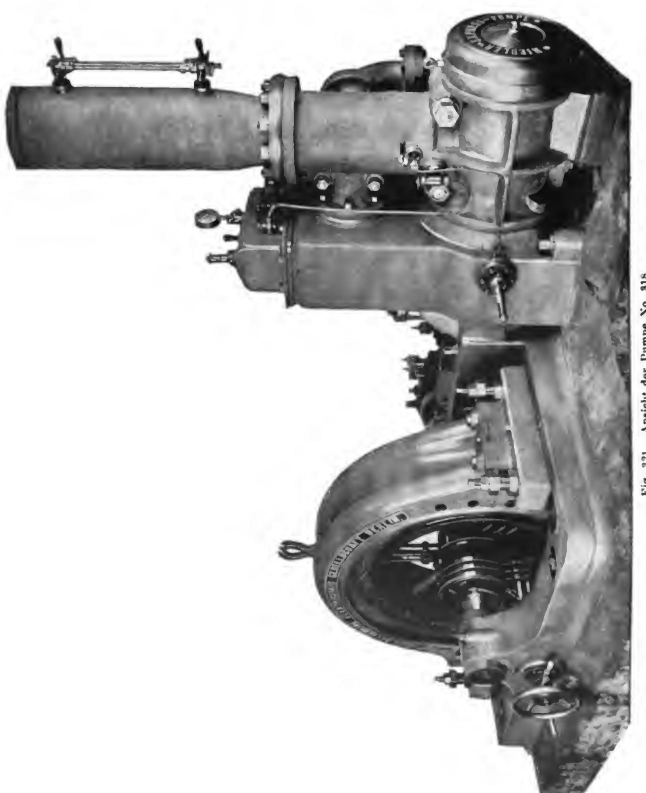


Fig. 321. Ansicht der Pumpe No. 318.

Elektromotor betrieben werden; es ist vielmehr die Anwendung einer Uebersetzung erforderlich, wie die Expresspumpe der A. E.-G. Fig. 322 in Dispositionsskizze und Fig. 323 in Ansicht zeigt.

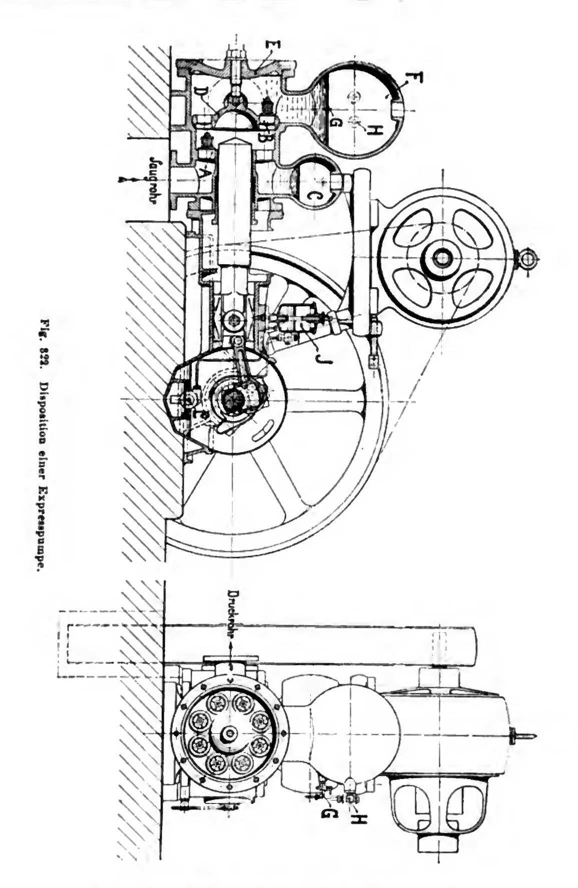


Fig. 822. Disposition einer Expresspumpe.

3. Drucklufterzeugung und Bewetterung.

In gleich einfacher Weise, wie an Pumpen, kann ein Elektromotor auch an Luftkompressoren und Ventilatoren angebracht werden, und es ist bei den letzteren oft nicht einmal eine Uebersetzung notwendig, weil die Tourenzahlen derselben ähnliche Höhen erreichen,

wie jene der normalen Elektromotoren. Keinesfalls ist es schwierig, zu Ventilatoren hinsichtlich Tourenzahl passende Elektromotoren zu konstruieren.

Der Unterschied zwischen den beiden genannten Maschinen liegt darin, dass bei den Kompressoren eine hohe Ueberspannung der Luft

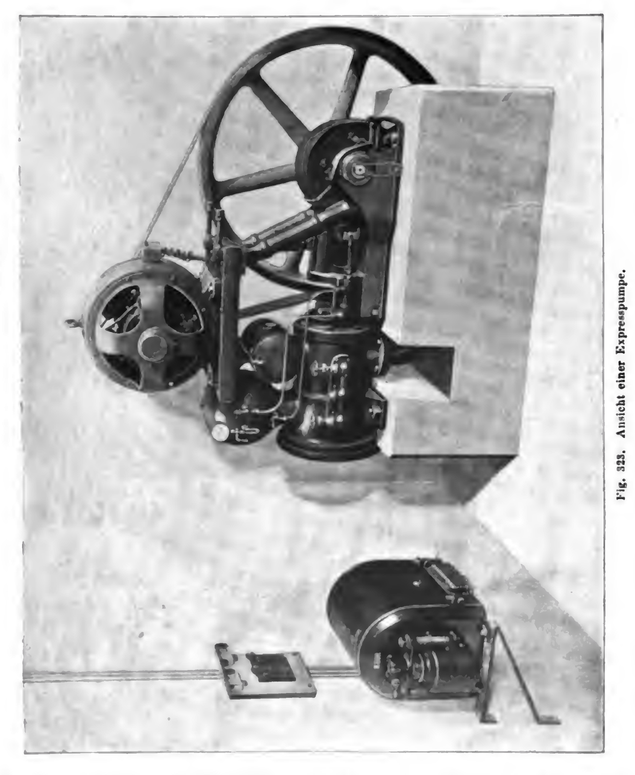


Fig. 323. Ansicht einer Expresspumpe.

zu erzeugen ist, während die Druckdifferenz, welche ein Ventilator erzeugt, nur eine geringe ist; deshalb kann man für Kompressoren nur Maschinen brauchen, welche nach Art der Kolbenpumpen konstruiert sind, während die Ventilatoren den Kreiselpumpen ähneln

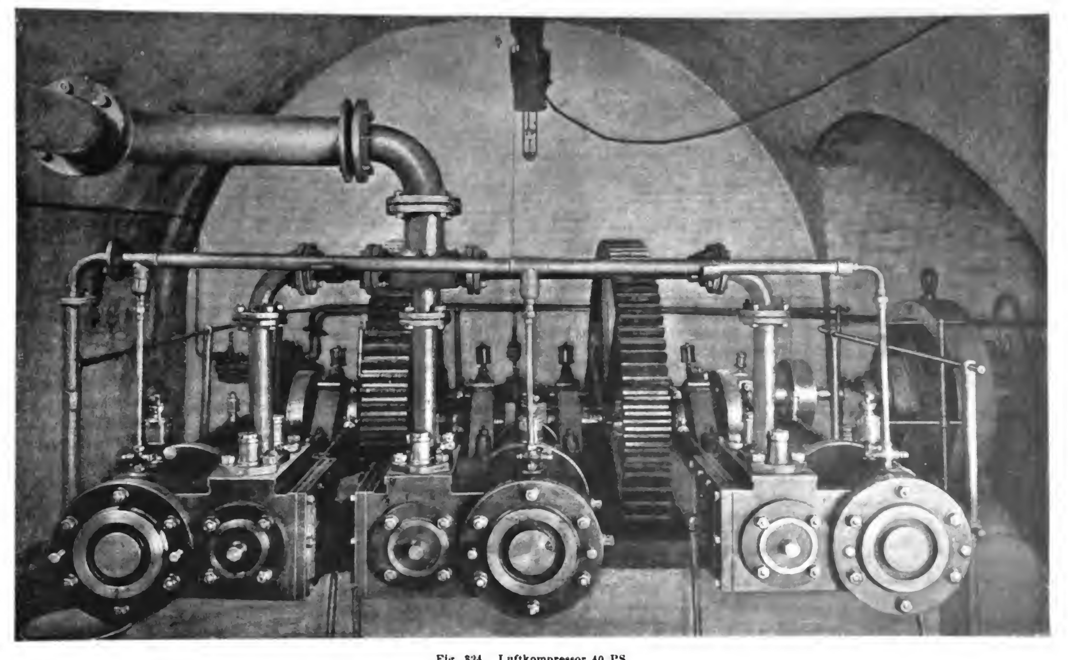


Fig. 324. Luftkompressor 40 PS.

und auf dem Prinzip der Turbinen erbaut sind. Die Verbindung des Elektromotors mit der Luftpumpe geschieht in derselben Weise, welche schon bei den Wasserhaltungspumpen erläutert worden ist, und aus Fig. 324 erkannt werden kann. Diese Maschine wurde von der A. E.-G. in der Eisenerzgrube „Hollertszug" aufgestellt und wird durch einen Elektromotor von 40 eff. PS. angetrieben. Die Luft wird auf sechs Atmosphären komprimiert und dient zum Betrieb pneumatischer Gesteinsbohrmaschinen. Bei diesen Kompressoren ist es immer vorteilhaft, die Kraftschwankungen, welche durch die hin und her gehenden Kolben verursacht werden, durch ein Schwungrad auszugleichen, wie dies in Fig. 325, einem kleinen Luftkompressor mit Drehstromantrieb, zu sehen

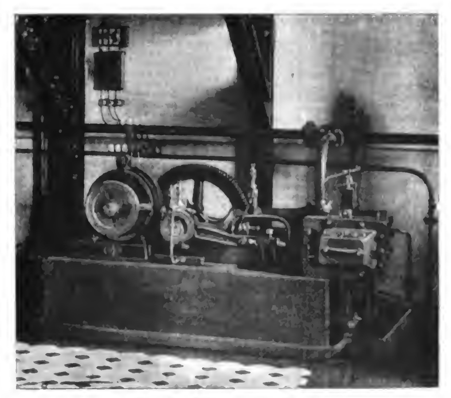


Fig. 325. Kleiner Luftkompressor.

ist. Im übrigen ist eine strenge Scheidung zwischen den Kompressoren für bergmännische Verwendung und jenen für Hüttenbetriebe nicht zu machen.

Der Typus eines Grubenventilators in Kreiselpumpenform ist in Fig. 326 dargestellt. Der hier dargestellte Ventilator macht ca. 1000 Touren pro Minute, konform mit dem kleinen Gleichstrommotor, welcher den Ventilator mit 4 PS. treibt (A. E.-G). Der Windflügel ist auf die verlängerte Welle des 4pferdigen Motors unmittelbar, d. i. ohne Kuppelung aufgebracht, wodurch auch die zwei Lager des Ventilators erspart werden und das Güteverhältnis der Maschine ein besseres wird.

Ein grosser Ventilator mit Drehstrommotor von 50 PS. von Kolben & Co. in Prag ist in Fig. 327 dargestellt.

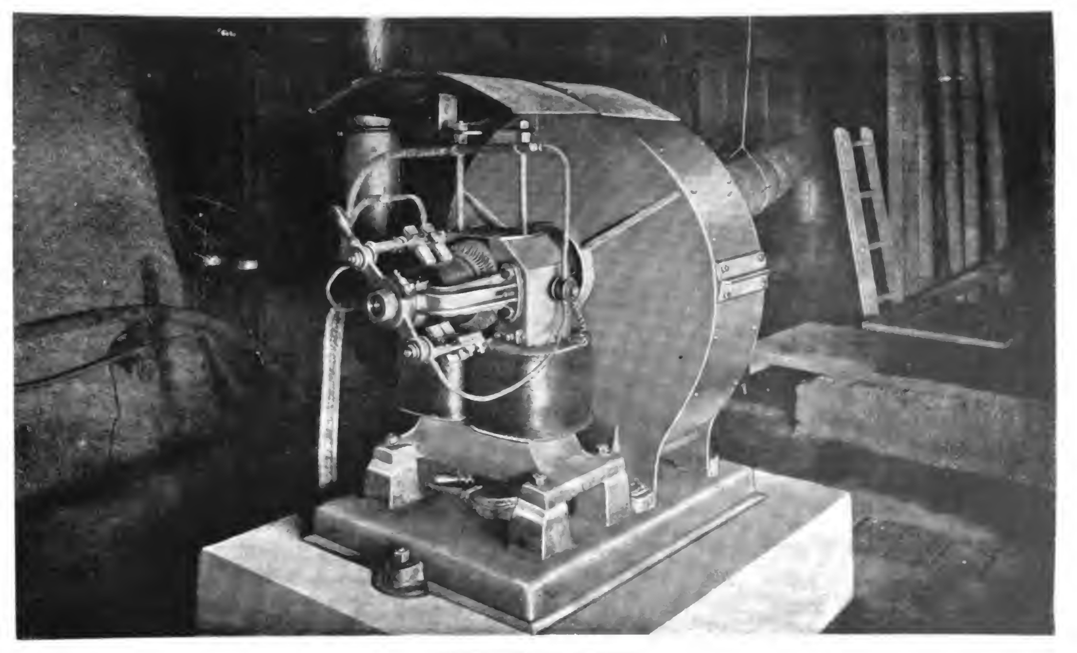


Fig. 326. 4 PS. Grubenventilator.

Die kleinen Ventilatoren dienen natürlich nur für die teilweise Bewetterung einzelner Abteilungen der Bergwerke, wie z. B. einzelner Nebenstrecken, die von der Hauptwetterführung abseits liegen und von ihr nicht berührt werden. Auch werden sie bei bergmännischen Arbeiten, bei denen eine Bewetterung im ganzen nicht notwendig ist, z. B. bei Tunnelbohrung, bezw. bei Sprengungen dazu verwendet, die Gase

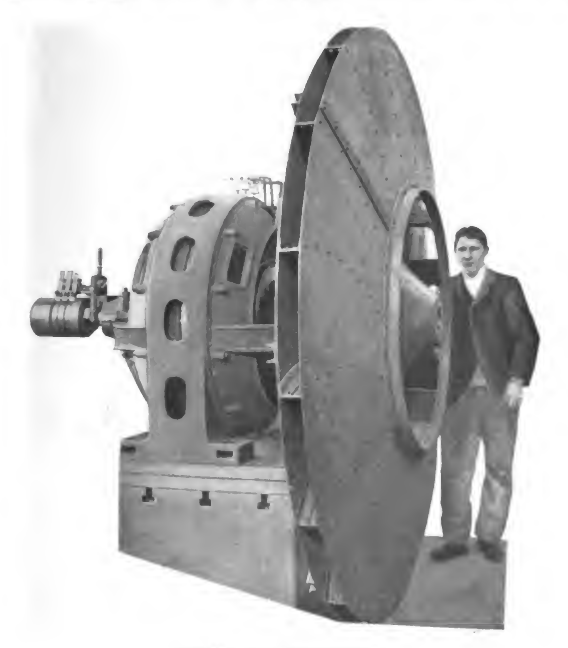


Fig. 327. 50 PS. Grubenventilator.

möglichst rasch zu entfernen, damit möglichst bald wieder an die weiteren Bohrarbeiten und an die Wegräumungsarbeiten des abgesprengten Materials gegangen werden kann. Eine weitere, sehr kompendiöse Anordnung von Elektromotor, Ventilator und Anlasser stellt Fig. 328 dar, einen Grubenventilator von Siemens & Halske, welcher sehr leicht transportabel ist, also auch den weitestgehenden Anforderungen der Separat-Bewetterung entspricht.

Am weitesten hinsichtlich der Transportfähigkeit geht jedoch der Ventilator Fig. 329, gleichfalls von Siemens & Halske disponiert, welcher mit irgend einem kleinen Motor und biegsamer Welle betrieben wird, wie z. B. eine Siemenssche Gesteinsbohrmaschine; vor Ort können demnach diese beiden Maschinen abwechselnd von dem gleichen Motor betrieben werden, und es wird dadurch die Arbeitszeit wesentlich besser ausgenutzt.

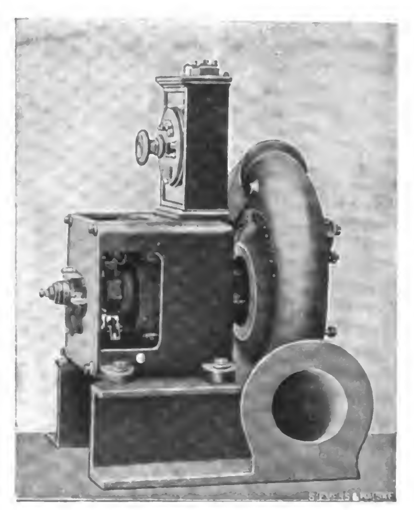


Fig. 328. Transportabler Grubenventilator.

Auch hier zeigen sich die Vorteile des elektrischen Betriebes in nicht zu verkennender Weise, so dass derselbe allmählich andere Antriebsarten vollständig verdrängt.

Aber nicht bloss bei kleinen Ventilatoren dieser Art eignet sich derselbe vor allen anderen Methoden, sondern auch beim Antrieb grosser Ventilatoren zur Bewetterung der ganzen Gruben ist er anderen Antriebsarten überlegen. Da nämlich zumeist für die Wetterführung eigene Wetterschächte vorhanden sind, welche keinem anderen Zweck dienen, so muss man die an den Wetterschächten aufzustellenden Ventilatoren mit besonderen Antriebsmaschinen versehen, d. h. z. B. bei Dampfbetrieb für den Ventilator eine eigene Dampfanlage mit Maschine, Kessel, Wärter,

Kohlenzufuhr u. s. w. aufstellen und betreiben. Die Kosten einer solchen Anlage und ihres Betriebes sind oft ganz enorm. Dem entgegen ist es möglich, von einer elektrischen Zentralstation aus auch die exponiertesten Ventilatoren auf einem entlegenen Wetterschacht mittels Elektromotoren zu betreiben, wobei die Anlage trotz der oft langen Leitungen viel billiger ist, einen weitaus günstigeren Wirkungsgrad ergibt und die denkbar einfachsten und billigsten Betriebsverhältnisse aufweist. Die Rücksicht auf die Betriebsverhältnisse, die Entlastung des Personals, die geringere Zahl desselben, die bessere Ausnützung einer ohnedies in Betrieb befindlichen Dampfanlage u. dergl. können aber auch trotz der Umformungsverluste der Energie Anlass geben, grössere Ventilatoren elektrisch zu betreiben, obwohl dieselben ganz nahe an der Dampf-

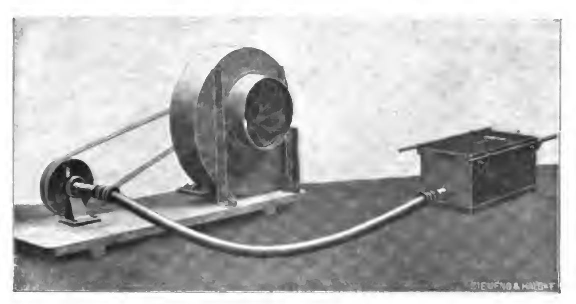


Fig. 329. Transportabler Grubenventilator.

maschine bezw. an der Primärstation stehen. So ist z. B. von Siemens & Halske die Ventilatoranlage Fig. 330 auf der Gewerkschaft „Glückauf“ bei Sondershausen ausgeführt worden, welche direkt neben der Dampfanlage, mit derselben unter gleichem Dach liegt. Sie braucht ca. 100 PS. und wird mit Drehstrom von 500 Volt betrieben.

Eine Vermehrung der Wettermenge, welche durch Vergrösserung der Geschwindigkeit erreicht wird, kann entweder dauernd erforderlich werden, oder es kann z. B. bei plötzlich einbrechenden, gefährlichen oder Schlagwettern, die Forderung an die Ventilationsanlage gestellt werden, dass diese vorübergehenden Wetter rasch abgeführt werden. In beiden Fällen kommt, wie erwähnt, die Vergrösserung der Geschwindigkeit in Frage; während aber im ersteren Fall das Hauptaugenmerk darauf zu richten ist, dass das Güteverhältnis der Anlage ein möglichst grosses bleibt, dass also der Motor in seiner Tourenzahl nicht erheblich geändert wird, so liegt der Hauptpunkt im zweiten Fall

auf der raschen Veränderlichkeit der Tourenzahl ohne Rücksicht auf das Güteverhältnis.

Man wählt also im ersteren Fall Riemenantrieb, um bei gleichbleibender Tourenzahl des Motors verschiedene Geschwindigkeiten des Ventilators durch Aufsetzen verschiedener Riemenscheiben zu erreichen.



Fig. 330. 100 PS. Ventilator.

Im zweiten Fall, wo es notwendig ist, die Umdrehungszahl sehr rasch innerhalb ziemlich weiter Grenzen zu ändern, kann man dies erreichen, indem man Motoren mit Regulierung der Tourenzahl anwendet. Bei dem zumeist angewendeten Drehstrom kann man aber auch die

Periodenzahl ändern, wenn der elektrische Generator eine besondere Antriebsmaschine besitzt. Das Einfachste bleibt in diesem Fall, weil eben auf Güteverhältnis nicht viel Wert zu legen ist, die Anwendung eines Ventilators für die Maximalleistung und Verengen der Querschnitte bei Minderleistungen.

4. Gestein-Bohrmaschinen.

Zu den eigentlichen Arbeitsmaschinen des Bergbaues, im Gegensatz zu den bisher betrachteten Hilfsmaschinen, gehören jene, welche zum Ersatz der Gewinnungsarbeit von Hand bestimmt sind. Hierher sind jene Maschinen zu rechnen, welche die Handarbeit bei der Erzeugung von Löchern zum Sprengen und bei der Erzeugung von Schlitzen im Gestein ersetzen sollen, nämlich die Gestein-Bohrmaschinen und die Schrämmaschinen. Es ist naturgemäss, dass man schon frühzeitig an Ersatz der Menschenkraft durch Naturkraft dachte und daher hydraulische und pneumatische Maschinen konstruierte; ebenso natürlich ist es, dass die Elektrotechnik sich auch dieses Feldes bemächtigte. Ob nun die Erfolge der letzteren Bemühungen sehr ermunternd sind, lässt sich nicht genau sagen, da das Urteil hierüber von vielfachen Umständen abhängig ist, und da es fast ausserhalb des Bereiches der Möglichkeit liegt, ganz einwandfreie, unter ganz gleichen Verhältnissen gewonnene Zahlenangaben über den Betrieb verschiedenartiger solcher Maschinen zu erhalten. Nicht einmal Jene, welche die Maschinen mit verschiedener Antriebsart nacheinander untersuchen und zum Vergleich genaue Aufschreibungen machen, sind in der Lage, zu behaupten, dass alle Umstände die gleichen waren. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Härte und der Homogenität des Gesteines, auf welchen beiden Eigenschaften die so sehr verschiedenen Betriebsresultate beruhen.

Was nun zunächst die Gestein-Bohrmaschinen anlangt, so sind vor allem nach der Wirkungsweise des Bohrers und nach dessen Beschaffenheit die Drehbohrmaschinen von den Stossbohrmaschinen zu unterscheiden. Schon der Name besagt, dass bei den ersteren ein fräsenförmiger Bohrer durch kontinuierliches Drehen in einer Richtung und gleichzeitiges starkes Andrücken schabend auf das Gestein wirkt und mit einer dem Vorschub entsprechenden Geschwindigkeit ein zylindrisches Loch erzeugt. Bei den Stossbohrmaschinen dagegen wird das Bohrloch hergestellt durch rasch aufeinander folgende Schläge eines meisselförmigen Bohrstahles in der Richtung seiner eigenen Längsaxe unter gleichzeitigem Zermalmen des Gesteines. Statt der Drehung in einer Richtung und statt des Andrückens wirken hier Schläge, die auf einer Alternativbewegung beruhen und nur durch eine ruckweise

Drehung des Meissels unterstützt werden, damit in dem keilförmigen Schlitz, der sich unter Umständen im Gestein bilden kann, nicht ein Festklemmen des Meissels eintritt.

Die leichteren Drehbohrmaschinen bestehen nach den Angaben von Siemens & Halske aus einem Bohrkopf, welcher mittels einer biegsamen Welle mit einem tragbaren Elektromotor verbunden ist. Diese Motoren werden bis zu 300 Volt Gleichstrom in Compoundwickelung mit einer Leistung von 1 PS. bei 750 Umdrehungen verwendet und geben bei einem Bohrdruck von ca. 450 kg einen technologischen Wirkungsgrad von 0,6. Wenn man nämlich den zur Zerschabung von 1 kg Gestein im Bohrloch erforderlichen Arbeitsaufwand mit dem pro Stunde zerschabten Gewicht multipliziert und um die Bewegungsarbeit der Bohrmaschine vermehrt, so erhält man die von der Bohrmaschine effektiv zu liefernde reine Arbeitsnutzleistung pro Stunde. Bestimmt man gleichzeitig unter Berücksichtigung des elektrischen Güteverhältnisses des Motors die von demselben an die Bohrwelle abgegebene Arbeit, so findet man in dem Verhältnis dieser beiden Arbeitsmengen das Güteverhältnis der Bohrmaschine als solcher. Hier ist noch der Verlust in den Leitungen und im elektrischen Generator zu berücksichtigen, wenn man etwa einen Vergleich mit hydraulischen und pneumatischen Bohrmaschinen anstellen will. Der Bohrkopf wird durch irgendwelche im Bergbau bekannte Vorrichtungen, Spannsäulen, Dreifussstative u. dergl. festgehalten. Die gesamte Bohreinrichtung wiegt:

Bohrkopf	ca.	18 kg.
Spindel und Welle		8 „
Motor		54 „
	Summa	80 kg.

Zu dieser Bohreinrichtung kann eigentlich jeder Elektromotor ohne weiteres Verwendung finden, da man es immer in der Hand hat, die Tourenzahl durch einen Räderantrieb zu verändern, bezw. eine entsprechende Uebersetzung herzustellen, und da man auch den Anlauf ohne Belastung immer herbeiführen kann. Es bietet also eigentlich vom Standpunkt der Elektrotechnik und ihrer Verwendung im Bergwesen diese Anwendung nichts Besonderes, wenn ihr auch Interesse nicht abgesprochen werden kann.

Aehnlich steht es mit der Union-Bohrmaschine Fig. 331, bei welcher die biegsame Bohrwelle weggelassen und der Motor mit dem Bohrer unmittelbar vereinigt wurde. Eine solche Bohrmaschine wiegt 60 kg und braucht im normalen Betrieb 3 Amp. bei 330 Volt. Ueber ihre Leistungen ist leider nichts bekannt. Sie besitzt einen schlanken Rahmen mittels dessen sie im Stollen festgestellt wird. In diesem Rahmen

auf und ab zu schieben und mit Flügelschrauben an den gewünschten Stellen zu fixieren ist ein Gehäuse, welches U-förmig ist, und einerseits die Magnete für den Motor, andererseits aber die Lagerung für den Anker des letzteren und für die von demselben mittels Zahnradübersetzung angetriebene Bohrspindel vorstellt. Der Schutz des Elektromotors gegen spritzende Steinstückchen, Wasser und Beschädigung beim Transport erscheint hier weitaus geringer, als bei der früheren Anordnung, wo der Motor in einer eisernen Kiste untergebracht und ganz abgeschlossen ist.

Die Vorteile der Drehbohrmaschinen bestehen darin, dass sie die organisch gegebene drehende Bewegung des Motors ohne weiteres zur Bewegung des Bohrers verwenden und daher fast gar keinen Erschütterungen ausgesetzt sind. Sie sind daher auch im Tagbau leicht auf Dreifussgestellen aufzustellen, weil eine steife Verspreizung gegen das zu bearbeitende Gestein nicht so stark zu sein braucht, wie bei Maschinen, welche starken Erschütterungen ausgesetzt sind. Dagegen sind sie nicht brauchbar für hartes Gestein, da sie bei demselben nicht genügende Fortschritte im Bohren aufweisen und zahlreichen Ersatz an Bohrern brauchen.

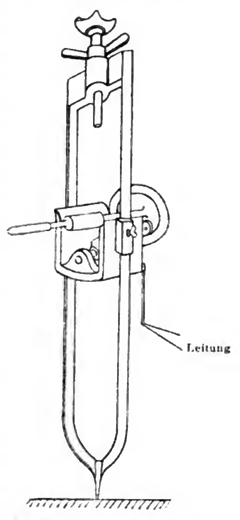


Fig. 331. Union-Bohrmaschine.

Fig. 332 zeigt eine im Stollen aufgestellte Drehbohrmaschine von E. Heubach. Sie ist an einer verklemmten Bohrspindel angebracht. Es werden zwei Typen gebaut.

Die eine dient für weiches Gestein und hat eine hohle Bohrspindel, welche es gestattet, den Bohrstahl von hinten einzuführen. Eine Sicherheitskuppelung schützt gegen Ueberlastung.

Die zweite Type hat einen Vorschub, welcher sich selbst der Härte des Gesteines anpasst, aber auch innerhalb aller Grenzen von Hand eingestellt werden kann. Die Vorschubgeschwindigkeit kann hiedurch auf mehr als das dreifache anderer Maschinen gesteigert werden, wodurch ebenso wie bei der Rückzugsbewegung erheblich an Zeit der Leerlaufarbeit gespart wird.

Der Rückzug ist so eingerichtet, dass die Bohrspindel nach Oeffnen einer Klappmutter nicht von Hand zurückgezogen wird, sondern mechanisch. Wenn hierbei der Spindelkopf gegen das Maschinengehäuse stösst, wird die Rückzugsbewegung selbsttätig entkuppelt. Der Bohrer

dreht sich hierbei in demselben Sinne, wie beim Bohren, weiter, entfernt also hierdurch das Bohrmehl.

Die Regulierung erfolgt an einem einzigen Handgriff. Der Strom wird nur beim Auswechseln eines Bohrers unterbrochen.

Die Maschinen sind mit Elektromotoren von 2 PS. für 500 Volt Gleichstrom ausgestattet. In weichem Gestein, dann in Salz und Kohle werden 130 Umdrehungen pro Minute, in härterem Gestein 100, 80 und



Fig. 332. Drehbohrmaschine von Heubach.

50 Umdrehungen verwendet. Die Maschine wiegt 65 Kilo, da alle Teile, bei ihnen es zufolge elektrischer oder mechanischer Beanspruchung zulässig ist, aus Nickelaluminium hergestellt sind. Alle Teile sind staubdicht gekapselt, die Wellen laufen in Kugellagern.

Für harte Gesteinsarten hat sich auch bei pneumatischem und hydraulischem Betrieb die Stossbohrmethode weitaus überlegen gezeigt, weil der drehende Bohrstahl stark angepresst werden müsste, was eine

schwere und wenig bewegliche Konstruktion, langsamen Fortschritt, die Notwendigkeit von Wasserkühlung und vermehrte Abnutzung der Bohrer, also vermehrte Schärfungskosten zur Folge hat. Es werden daher auch elektrische Stossbohrmaschinen gebaut, welche hauptsächlich die vorteilhafte leichte Uebertragbarkeit der Energie von vorhandenen Wasserkräften mittels des elektrischen Stromes zur Grundlage haben.

Man hat die Verwendung des elektrischen Stromes auf Stossbohrmaschinen in zweifacher Weise versucht, nämlich durch einen Elektromotor und durch Solenoide. Aus der ersteren Anwendungsart entstand die rotierende Stossbohrmaschine von Siemens & Halske, aus der zweiten die oszillierende oder Solenoid-Stossbohrmaschine von van Depoele und Marvin, ausgeführt von der Union.

Das Kennzeichnende ist in beiden Fällen das Hin- und Hergehen des Bohrstahls und dessen zertrümmernde Wirkung auf das Gestein durch Schlag bezw. Stoss; dies wurde bei der Siemenschen Maschine durch einen Elektromotor erreicht, der mittels Kurbel einen Kreuzkopf hin und her zieht, der den Bohrstahl hält, während bei Marvin die abwechselnd anziehende und abstossende Wirkung von Solenoiden auf einen zylindrischen Eisenkern in der Axe des von demselben getragenen Bohrstahls angewendet wird. Es liegt auf der Hand, dass der Kurbelmechanismus nebst den Lagerungen und Zapfen des Kreuzkopfes als ganz heterogene Maschinenelemente in diese Aufgabe hineingekommen sind, um die rotierende Bewegung des Elektromotors in die hin und her gehende des Bohrstahls zu verwandeln. Die rotierende Stossbohrmaschine hat daher an Beanspruchung der einzelnen Teile durch die heftigen Erschütterungen der einzelnen, zahlreichen Schläge ganz enorm zu leiden, oder ihr Effekt wird durch jede Art von Federwirkung naturgemäss erheblich verschlechtert. Und wenn auch der Stromverbrauch des Elektromotors günstiger ist, als jener von abwechselnd erregten Solenoiden, und wenn auch bei den letzteren eine besondere Stromart und besondere Bohrdynamo notwendig sind, so sind dennoch wegen des Wegfalls eines jeglichen Mechanismus und damit fast aller Reparaturen die Solenoidbohrmaschinen den mit Motor versehenen überlegen.

Die Beschreibung einer solchen Marvinschen Solenoid-Stossbohrmaschine bietet vom elektrotechnischen Standpunkt aus wegen der seltenen Anwendung von Solenoiden zu periodischen Bewegungen mit erheblicher Kraftäusserung hervorragendes Interesse, welches durch die Verwendung besonderer Ströme nur noch erhöht wird. Es ist daher gerechtfertigt, dass dieser Beschreibung hier ein grösserer Platz gewidmet wird. Der Darstellung liegt eine Veröffentlichung der Oesterreichischen Union Elektrizitäts-Gesellschaft Nr. 130 zugrunde.

und es sei vorausgeschickt, dass diese Maschine den vielseitigen Anforderungen, welche einander oft geradezu widerstreben, in hohem Masse gerecht wird. Denn eine kräftige Konstruktion steht im Gegensatz zu geringem Gewicht, kleinem Raumbedarf und leichter Transportfähigkeit; Einfachheit der Konstruktion widerstrebt den Anforderungen betreff des Einstellens in beliebigen Richtungen, der Drehbarkeit u. s. w.

Die Marvinsche Stossbohreinrichtung arbeitet mit besonderen Strömen, erfordert also zunächst eine besondere Dynamomaschine zur

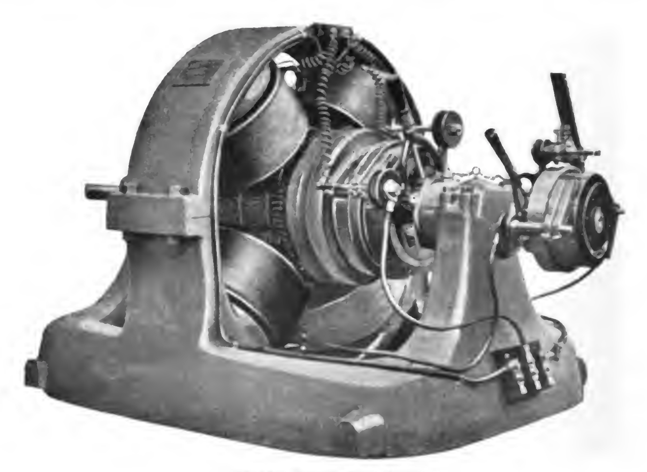
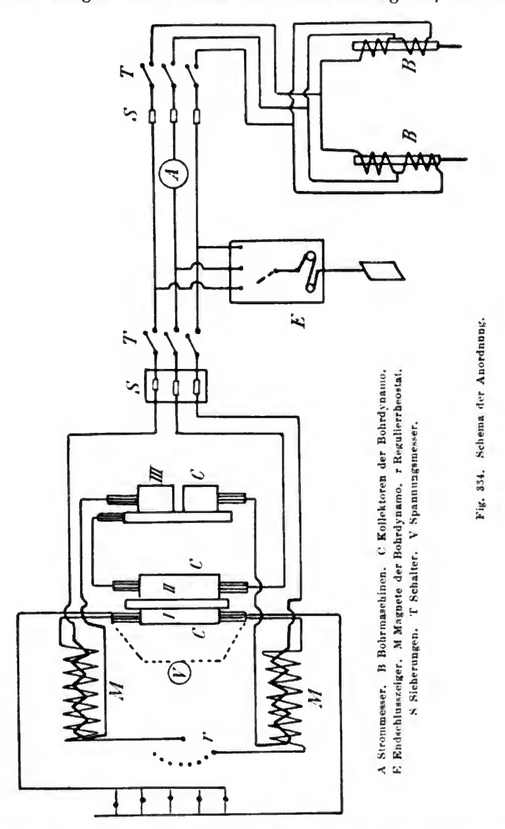


Fig. 333. Bohrdynamo. Union.

Erzeugung dieser Ströme, welche durch irgend eine motorische Anlage, sei es Dampfmaschine, Transmission, Turbine oder an eine beliebige Stromquelle angeschlossener Elektromotor betrieben wird. Eine solche „Bohrdynamo“ ist in Fig. 333 dargestellt, und aus dem Schema Fig. 334 genauer hinsichtlich ihrer Einrichtung erkennbar. Die Maschine hat Compoundwickelung und drei Stromabnahmeorgane, deren Schaltung und Zweck aus der Fig. 335 erkennbar sind.

Es verdient festgehalten zu werden, dass die Dynamo vierpolig ist. Um somit eine Erregung der Magnete mit Gleichstrom zu erzielen, welcher von nur zwei Bürsten abgenommen wird, müssen die in gleichen Induktionszuständen befindlichen Wickelungsdrähte des Ankers mit-

einander verbunden sein. Dies ist im Innern eines Kollektors Nr. I bewirkt, auf welchen daher die beiden Bürsten um 90° versetzt aufliegen. Der Erregerstrom durchfliesst die Elektromagnete, und im Falle



A Strommesser. B Bohrmaschinen. C Kollektoren der Bohrdynamo. E Endschlusszeiger. M Magnete der Bohrdynamo. r Regulierrheostat. S Sicherungen. T Schalter. V Spannungsmesser.

Fig. 334. Schema der Anordnung.

des Bedarfes kann auch direkt von den Bürsten Gleichstrom zur Beleuchtung des Maschinenraumes abgenommen werden, der naturgemäss nicht um die Magnete geführt wird. Hinsichtlich dieser Ströme haben wir also eigentlich eine Nebenschlussdynamo vor uns.

Den so gewonnenen Gleichstrom kann man aber zur alternierenden Erregung zweier Solenoide, auf welcher die Wirkung der Stossbohrmaschine aufgebaut sein muss, nicht verwenden, weil derselbe im Augenblick des erforderlichen Umschaltens die normale Stärke beibehält.

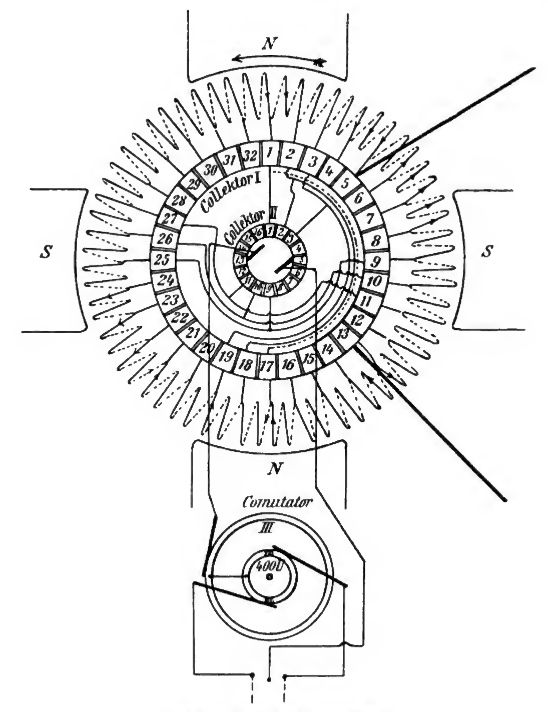


Fig. 335. Schema der Bohrdynamo.

Deshalb war man gezwungen, an eine andere Stromart für diesen Zweck zu denken. Das Nächstliegende in dieser Hinsicht ist Wechselstrom, der funkenlos umgeschaltet werden kann, wenn seine Spannung durch Null geht. Würde man aber den Anker der Dynamo zum Zwecke der Abnahme eines solchen Wechselstromes mit den bekannten zwei Schleifringen und den Verbindungen derselben miteinander gegenüberliegenden

Lamellen des Ankers versehen, so würde man entweder doppelt so viele Stromwechsel bekommen, als die Maschine Umdrehungen macht, oder man würde, um die Zahl der Polewechsel im Bereich des bohrtechnisch Zulässigen zu halten, langsam gehende, also unnötig grosse und teure Maschinen hierzu verwenden müssen.

Um dies zu vermeiden und eine Polwechselzahl zu erhalten, welche mit der Umdrehungszahl der Dynamomaschine gleich ist, hat Marvin die Dynamomaschine mit einem zweiten Kollektor II versehen. Dieser besitzt nur die halbe Lamellenzahl, wie Kollektor I, und diese Lamellen sind der Reihe nach mit den Lamellen eines Halbkreises von Kollektor I verbunden.

Auf diesem Kollektor II schleifen zwei Bürsten in einem Abstand von 180° voneinander. Die beiden neutralen Punkte des Ankers sind durch die Auflagepunkte der Bürsten auf Kollektor I gekennzeichnet. Während nun im Verlaufe einer Umdrehung an den äusseren Bürsten stets 32 Kollektorlamellen vorbeigleiten, beträgt diese Zahl bei den inneren Bürsten nur 16. Es ist daraus zu erkennen, dass die letzteren nicht immer an Lamellen liegen können, welche mit Wickelungen zusammenhängen, die den neutralen Punkten entsprechen. Deshalb erzeugt der Kollektor II durch das Nacheilen der neutralen Punkte gegenüber den Bürsten auf Kollektor II Wechselstrom und zwar von derselben Wechselzahl, als die Maschine Touren macht.

Dieser Wechselstrom muss nun abwechselnd dem Solenoide auf der Vorderseite und jenem auf der Rückseits der Stossbohrmaschine zugeführt werden, was mit Hilfe des Kommutators III, der nichts als ein aufgewickelter, drehbarer Umschalter ist, in leichter, nicht erst zu schildernder Weise geschieht. Der Mittelleiter, welcher zur Bohrmaschine führt, wird von oszillierendem Strom durchflossen, während der Aussenleiter links z. B. alle positiven Induktionen, und nur diese, der Aussenleiter rechts aber alle negativen Impulse aufnimmt und zu der Bohrmaschine leitet.

In der praktischen Ausführung werden die Gleichstromleitungen su einer Gleichstromtafel, die Wechselstromleitungen zu einer Wechselstromtafel geführt. Erstere enthält Strommesser, Spannungsmesser, Sicherungen, Ausschalter und Erdschlussprüfer, letztere ausser diesen erwähnten Apparaten für Wechselstrom auch noch eine Blitzschutzvorrichtung, falls die Leitung eine grosse Strecke frei führt. Man kann die Bohranlagen in verschiedener Weise anordnen, deren spezielle Anwendung sich naturgemäss nach den Verhältnissen richtet. Für den Betrieb ist es ganz gleichgültig, wo die Bohrdynamo steht und wie sie angetrieben wird; sie kann z. B. ausserhalb eines Stollens oder Tunnels oder in einer gewissen Entfernung vom Arbeitsplatz eines Tagbaues

stehen und daselbst mit Hilfe einer Wasserkraft oder Lokomobile angetrieben werden, wo dann nur die drei Bohrleitungen in den Stollen, bezw. zum Arbeitsplatz zu führen sind; oder sie wird innerhalb des Bergwerkes aufgestellt und dort durch eine vorhandene Betriebsmaschine oder einen Elektromotor angetrieben, der seinerseits etwa von dem Strom aus einer elektrischen Grubenbahnleitung gespeist wird. Jedenfalls sucht man die Leitungen so weit als möglich vor Ort fix zu verlegen und kann wegen der Ungefährlichkeit der Ströme, die höchstens 200 Volt Spannung haben, überall wo nicht sonstige Verbote vorliegen, mit blanken Freileitungen auskommen. Am Ende der Freileitung wird die entsprechende Zahl dreipoliger Anschlusskästen und dreipoliger Ausschalter fix an der Wand oder an einer Säule angebracht und von dort aus eigene dreipolige, mit Eisendraht gepanzerte, aber dennoch sehr biegsame Anschlusskabel von etwa 50 m Länge zu den vor Ort arbeitenden **Bohrmaschinen** geführt.

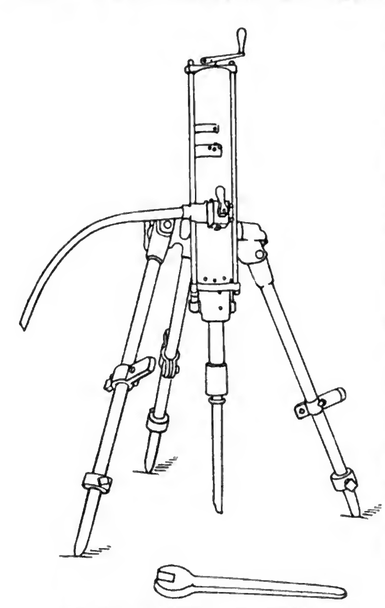


Fig. 336. Gestein-Bohrmaschine auf Dreifuss.

Je nach der Art der Verwendung im Stollen oder im Tagbau ist auch die Aufstellung der Bohrmaschine eine verschiedene. Im ersteren Falle wird die eigentliche Bohrmaschine, welche später näher beschrieben werden soll, mit einem geeigneten Flantsch an eine Säule aus Stahlrohr, die sogen. **Bohrsäule** befestigt, welche ihrerseits unter Zwischenlage von Holzbacken an den Wänden des Stollens verspreizt wird, was mit Hilfe einer schraubbaren Klaue an einem Ende der Bohrsäule geschieht. Im Tagbau jedoch und an Stellen, wo wegen der Höhe des Stollens ein Verspreizen nicht mehr tunlich ist, wird die Maschine auf einem Dreifussstativ montiert, dessen einzelne Füsse mit schweren Eisengewichten belastet werden, um den

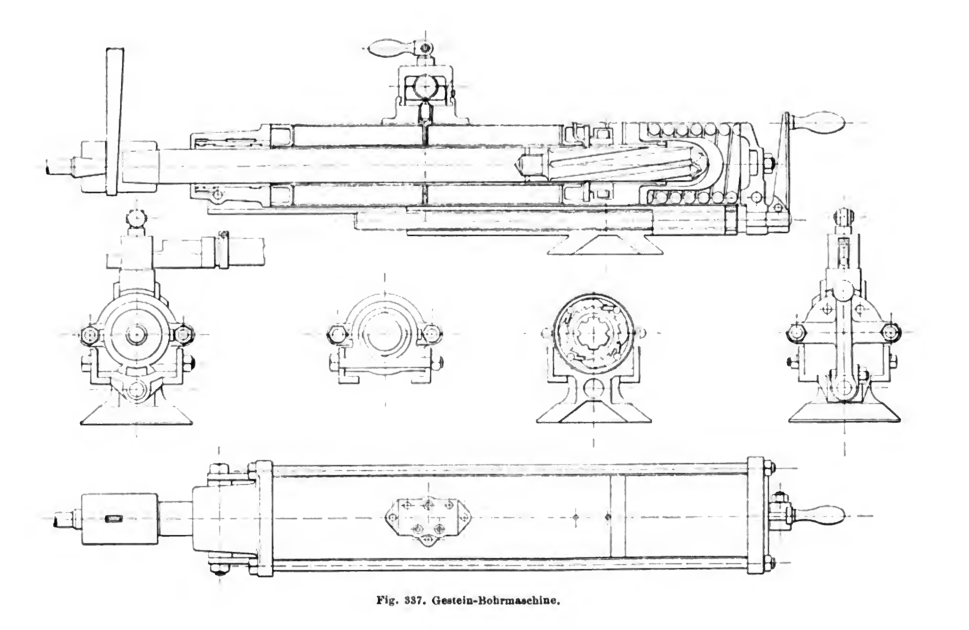


Fig. 337. Gestein-Bohrmaschine.

Erschütterungen einigermassen Widerstand zu leisten (Fig. 336). Welche Kraftleistungen hier in Frage kommen, lässt sich daraus erkennen, dass ein jeder Schlag mit einer Kraft von etwa 450 kg geführt wird.

Was nun die Gesteinbohrmaschine (Stossbohrmaschine) selbst anlangt, so ist dieselbe in folgender Weise aufgebaut. (Fig. 337.)

An einem Gleitstück, welches mit Hilfe einer Spannschraube an der oben erwähnten, glatt abgedrehten und festgeklemmten Bohrsäule auf und ab geschoben und in beliebiger Höhe und radialer Stellung zur Säulenaxe festgestellt werden kann, befindet sich eine Platte mit abgedrehter Kreisfläche und zwei diametral angeordneten Klemmbacken. Auf die Kreisfläche passt eine konisch gedrehte Scheibe derart, dass dieselbe sich an die Kreisfläche anlegt und mit Hilfe der Klemmbacken in einer beliebigen Stellung in vertikaler Ebene festgeklemmt werden kann. Die konische Scheibe ist an einer geraden gusseisernen Gleitbahn angegossen, auf welcher ein gusseisernes, zylindrisches Rohr mittels Schraubenspindel axial circa 500 mm weit verschiebbar angebracht ist. Es ist somit klar, dass dieses letztgenannte zylindrische Rohr eine Vor- und Rückwärtsbewegung auf der Gleitbahn machen kann, welche selbst wieder mit dem Rohr in vertikaler Ebene an dem erst erwähnten Gleitstück um 360° drehbar ist, und dass ferner das Gleitstück mit Einschluss der Gleitbahn und des Rohres einerseits eine Drehung um 360° in horizontaler Ebene, andererseits eine Hin- und Herbewegung an der beliebig aufgestellten Bohrstange machen kann, soweit es die Dimensionen der Bohrmaschine gestatten, also durch fast die ganze Höhe bezw. Breite des Stollenprofils.

Die Bezeichnungen „vertikale" und „horizontale" Ebene gelten für den meist vorkommenden Fall, dass die Bohrsäule vertikal steht; allgemein ist darunter „parallel zur Säulenaxe, bezw. senkrecht zu derselben" zu verstehen.

Falls eine Aufstellung auf Dreifuss gewählt werden muss, so wird das mehrfach erwähnte Gleitstück, unter Beibehaltung der erwähnten Kreisfläche und der konischen Klemmbacken zur Aufnahme der konischen Scheibe, zu einem mit zwei Zapfen versehenen Mittelstück des Stativs ausgestaltet, um welches scharnierartig die drei Beine drehbar sind. Das Heben und Senken der Bohrmaschine erfolgt hier durch Verstellen der Beine des Dreifussstativs, das Drehen in vertikaler Ebene durch Drehen des Mittelstückes um die Axe der erwähnten Zapfen, das Drehen in horizontaler Ebene mittels der konischen Scheibe.

Der auf der Gleitbahn bewegliche gusseiserne Hohlzylinder bildet den Träger und teilweise auch den Schutz für zwei Solenoide, welche konaxial an demselben befestigt sind. Die Solenoide sind wegen Raum-

ausnützung mit Vierkantkupferdraht gewickelt, und die Isolierung besteht wegen der vorkommenden Erwärmung aus Glimmer. In der Höhlung der Solenoide kann ein Kolben durch die abwechselnde Erregung derselben hin und her bewegt werden. Derselbe besteht aus einem mittleren Eisenkern und zwei axial daran gesetzten Messingzylindern, deren vorderer den Bohrkopf zur Aufnahme des Bohrstahles trägt und in jeder Lage mit seinem Ende ausserhalb der Solenoide bleibt. Der innere Messingzylinder bleibt stets innerhalb der Solenoide und besitzt einen Drall, mittels dessen er durch Sperrrad und Klinke bei jedem Hub eine Drehung von etwa 60° um seine eigene Axe zu machen veranlasst wird.

Die Stromzuführung zu den Solenoiden erfolgt durch Klemmen etwa in der Mitte der Länge des Rohres.

Der Hub des Bohrkolbens ist nach vorne, wo der Bohrstahl eingesetzt wird, nicht, resp. nur durch die anzubohrende Gesteinswand begrenzt; der Kolben kann also auf dieser Seite ganz aus der Maschine herausgenommen werden, und die Stosswirkung erfährt kein Hindernis ihrer vollkommenen Entfaltung. Hinten jedoch erfährt der Bohrkolben eine Hubbegrenzung durch eine Stahlmulde, welche mittels einer starken Lockenfeder an dem zylindrischen Rohr anliegt. Durch diese wird der Rückschlag, welcher eine unvermeidliche, aber sonst nicht nutzbar verwertbare Arbeit des Stromes beim Zurückziehen des Kolbens darstellt einerseits in seinen heftigen Wirkungen auf den Apparat und das Gestell gemildert, anderseits in Form der Federkraft als Zusatzarbeit bei dem darauffolgenden Arbeitsstoss teilweise wiedergewonnen.

Die Solenoide sind an allen Stellen, wo ihnen nicht andere Konstruktionsteile Schutz bieten, mit Blech verdeckt.

Der Mangel einer vorderen Begrenzung des Hubes, der normal ca. 180 mm beträgt, bewahrt die ohnehin schon wenig der Abnützung unterworfenen Maschinenteile vor Beschädigung und Brüchen. Ein Beweis für die äusserst dauerhafte Konstruktion der Maschinen ergibt sich aus dem Umstand, dass dieselben ohne Anstand 10—11stündigen, kontinuierlichen Betrieb aushalten können; sie werden dabei zwar so warm, dass man bei heissestem Sonnenbrand aus den kleinen Schmierlöchern am Zylinderblechmantel Oeldampf ausströmen sehen kann, versagen aber nicht den Dienst.

Das Gewicht der Maschine beträgt samt dem Schlitten ca. 106 kg, also ziemlich mehr, als das einer annähernd gleich leistungsfähigen pneumatischen Bohrmaschine (Frölich 75 kg), aber weniger, als rotierende Stossbohrmaschinen. Ihre Dimensionen sind nicht besonders gross, etwa 1200 mm lang, 125 mm Durchmesser. Der Bohrkolben hat einen Durchmesser von 60 mm, eine Länge von rund 1000 mm und inklusive Bohr-

stahl ein Gewicht von etwa 25 kg. Da nun die Bohrmaschine dieses Gewicht pro Minute 800mal durch einen Weg von 0,2 m bewegt, so liefert sie mit Ausserachtlassung des eigentlich technologischen Nutzeffektes einen mechanischen Effekt von 50 Sek. mkg, also ca. 0,7 PS. Bei Anschluss von einer Bohrmaschine braucht die Bohrdynamo 3,05 PS.; somit werden wirklich ausgenützt ca. 24 % der zugeführten Energie, also nicht ganz so viel, wie eine Luftbohrmaschine. Da nun die Anlagekosten für eine Luftbohrmaschinenanlage bei Vorhandensein eines Kraftgenerators (Dampfmaschine oder Turbine) gegenüber einer elektrischen Einrichtung sich zirka verhalten, wie 6000 : 15000 (Kronen), so wird es sehr häufig Fälle geben, wo man mit Rücksicht auf die zur Entfernung der Sprenggase wegen rascheren Wiederbeginnes der Bohrarbeit erforderliche Luftmenge, die bei elektrischem Betrieb getrennt einzuführen ist und neue Anlage- und Betriebskosten verursacht, trotz der sonstigen Vorteile elektrischer Bohrung die Aufstellung einer Luftbohranlage vorziehen müssen wird. Es ist natürlich damit durchaus nicht ausgeschlossen, dass, wie dies auch vor kurzem patentiert wurde (Schuckert), der elektrische Strom sehr wertvoll sein kann, wenn er in der gewöhnlichen Form des motorischen Stromes auftritt und mit Hilfe eines normalen Motors von hohem Güteverhältnis einen Luftkompressor treibt, welcher pneumatische Stossbohrmaschinen mit Luft versorgt und auch die Bewetterung bewirkt. Der elektrisch betriebene Kompressor kann an irgend einer Stelle im Bergwerk aufgestellt werden, von wo man genügend gute Luft entnehmen kann; es werden somit die Vorteile eines rationellen elektrischen Betriebes mit den Vorteilen des pneumatischen Bohrbetriebes vereinigt.

Bei der besprochenen Stossbohrmaschine werden als Bohrer mehrkantige Meisselbohrer, Kreuzbohrer, Z-Bohrer oder Rohrbohrer verwendet. Die Leistung im Maß des pro 1 Stunde zermalenen Gesteins schwankt dann natürlich vorwiegend nach der Härte und anderen Eigentümlichkeiten des Gesteins und nach dem Durchmesser des gewählten Bohrers.

Es betrug nach den Angaben der Union z. B. bei 40 mm Bohrlochdurchmesser die im Lauf von 10 Minuten reiner Bohrzeit erzielte Lochtiefe 450—500 mm, so dass man rund annehmen kann, es werde in dem den Versuchen zugrunde gelegenen Gestein (fester Schiefer) ein Loch von 40 mm Durchm. und 1 m Tiefe in 20 Minuten erbohrt. Die Manipulation des Aufstellens, Umstellens und Abmontierens der Bohrmaschine, das Sprengen, Abwarten der Zugänglichkeit und des Abräumens der geförderten Gesteine braucht bei geregeltem Betrieb zirka ebenso lang; somit kann in $^3/_4$ Stunden ein Loch von 1 m Tiefe und 40 mm Durchmesser erbohrt werden.

Hinsichtlich der Kosten eines Bohrloches existieren Angaben aus verschiedenen Betrieben, wonach 1 m zwischen 100 und 120 Hellern kostet. Auffallend gering sind die Reparaturen, die pro 1 m Bohrloch nur auf 2,6 Heller zu stehen kamen.

Als Vergleich der Leistung bei einem Tagbau in Serpentin mögen folgende Zahlen dienen:

Ein Sprengloch, 44 mm Bohrer, 1,4 m tief, wurde von 2 Schlägern, welche 2 × 20 Schläge in der Minute machten, in 9 Stunden gebohrt.

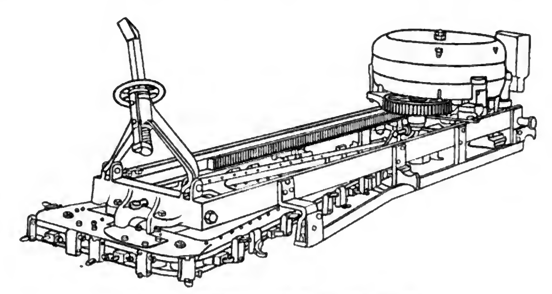


Fig. 338. Kettenschrämmaschine. System Sullivan.

Zu einem gleichen Sprengloch brauchte die Stossbohrmaschine bei 400 Schlägen in einer Minute 45 Minuten; somit der Zeit nach ein Verhältnis 12 : 1 oder mit Rücksicht auf die Nebenarbeiten ca. 6 : 1.

E. Schrämmaschinen. Die Maschinen, welche senkrecht zur Richtung einer Stollengrenzfläche einen schmalen aber tiefen Schlitz zu erzeugen im stande sind, und welche „Schrämmaschinen" genannt werden, teilen sich in zwei Gruppen. Die erste dieser Gruppen umfasst die Maschinen mit drehendem Werkzeug, welches in der Art eines Fräsers wirkt und in einer zu seiner Axe senkrechten Richtung parallel mit sich selbst verschoben oder radial verdreht wird. Dadurch wird zunächst eine seichte Nut in einer bestimmten Lage aus dem mürben Gestein herausgefräst, wie mittels einer Langlochbohrmaschine; durch Vorschieben des Bohrers in seiner Axe wird beim zweiten Gang die Nut vertieft usw., bis der entsprechend tiefe Schlitz fertig gestellt ist.

Zur Erreichung dieses Zweckes hat man sich eine mit Elektromotor versehene Drehbohrmaschine auf einem Gestell derart mit

Hilfe einer Schraube hin und her schiebbar zu denken, dass ein Langloch bzw. eine Nut entsteht. Diese Maschinen bieten gegenüber den Drehbohrmaschinen nichts wesentlich anderes, da die Hin- und Herbewegung meist mit der Hand geschieht und auch die mechanische Verschiebung durch Zahnräder keine Schwierigkeiten bietet.

Fig. 339. Kettenschrämmaschine. System Sullivan.

Die zweite Art der Schrämmaschinen ist weit gebräuchlicher und für elektrischen Antrieb besser durchkonstruiert; sie besteht darin, dass eine endlose Kette, welche entsprechend angebrachte Schneiden trägt, mittels Elektromotors in einer Ebene kontinuierlich derart bewegt wird, dass die Schneiden zu einer schabenden Wirkung im Gestein kommen, ähnlich wie z. B. die Schalen eines Baggers wirken. Diese Schrämmaschinen mit Schneidewerkzeugen kann man wegen der Verwendung einer Kette am besten mit „Kettenschrämmaschinen" bezeichnen.

Die best durchgearbeiteten Kettenschrämmaschinen rühren von der Union her und sind nach dem System Sullivan gebaut. Sie bestehen, wie aus Fig. 338 zu ersehen ist, aus einem (Grund-) Rahmen aus Flacheisen, welcher mit Hilfe eines schraubbaren Fusses dicht an der anzuschneidenden Wand festgeklemmt wird, wobei der Rahmen auf dem Fussboden des Stollens aufliegt. Dieser Rahmen umschliesst einen freien Raum von viereckigem Querschnitt, in welchem ein zweiter und flacher (Schneide-) Rahmen nach der Längsachse beweglich ist; dieser letztere trägt den Elektromotor und Kontroller und kann sich an dem ersteren Rahmen dadurch fortbewegen, dass an dem Grundrahmen eine Zahnstange angebracht ist, in welche ein mit dem Motor in Verbindung zu bringendes Zahnrad ein-

greift. Der Motor selbst trägt jedoch in der Ebene des Schneiderahmens ein Kettenrad, welches eine aus Gussstahlstücken bestehende Gliedkette bewegt, von der entweder einzelne Glieder mit Schnei-

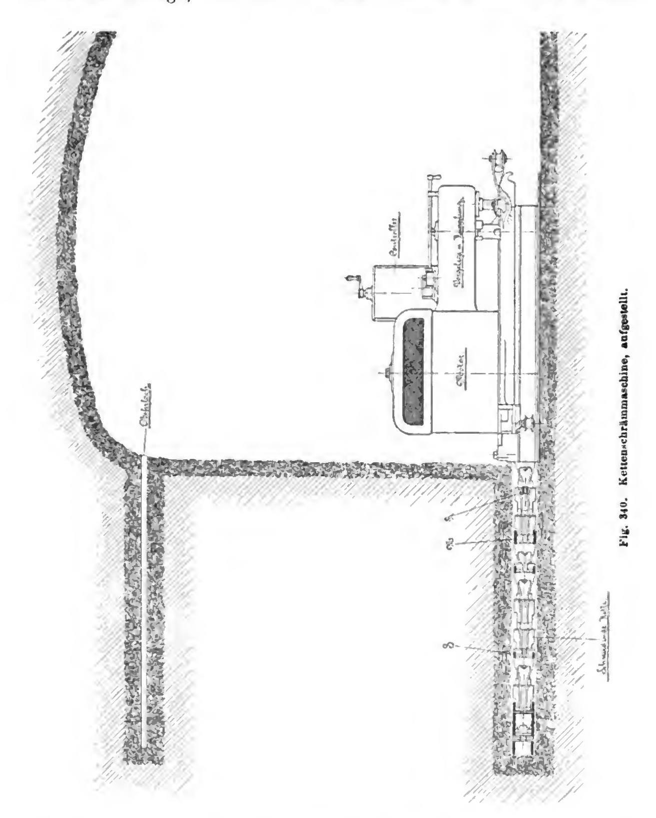


Fig. 340. Kettenschrämmaschine, aufgestellt.

den versehen oder an den Gliedern besondere Stahlschneiden angebracht sind. Wenn der Schneiderahmen, der ganz flach und entsprechend geführt ist, an die zu bearbeitende Wand herankommt, kratzen die vorne über zwei Rollen mit vertikalen Axen geführten Schneiden

eine Nut in das Gestein, und diese wird immer tiefer, da gleichzeitig mit dem Schneiden resp. der Bewegung der Kette mit den Messern, oder „Reissern" ein allmählicher Vorschub des Schneiderahmens inklusive Motor bewirkt wird. Der erzeugte Schlitz ist durch die Schneidemesser, welche etwas breiter sein müssen, als der die Schneidekette tragende Rahmen dick ist, in seiner Höhe (ca. 130 mm), durch die Breite des Rahmens in der Breite und durch die Länge des möglichen Vorschubes (ca. 1,5m) in der Tiefe bestimmt.

Die Maschine wiegt 1200 kg, hat 3,36 m Länge, 0,9 m Breite und beim Motor 0,9 m Höhe. Sie braucht zum Antrieb einen Motor von etwa 30 PS. und ca. 1100 Umdrehungen, wobei Spannungen von 110, 220 und 550 Volt in Anwendung kommen.

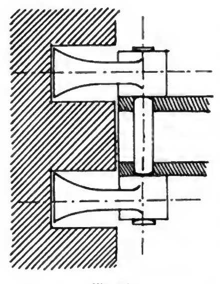


Fig. 341.
Detail zur Kettenschrämmaschine.

Zum Transport der Maschine bis vor den Ort wird ein vierrädiger Wagen benützt.

Der Vorschub dieser Maschine ist nicht ganz fix, sondern wird durch eine Reibungskuppelung bewirkt, welche von einer starken Feder betätigt wird. Kommt daher die Reisserkette auf grossen Widerstand, so kann durch Lockerung oder Lösung der Reibungskuppelung der Vorschub entweder langsamer bewirkt, oder ganz zum Stillstand gebracht werden. Neuere Maschinen dieser Art (Fig. 339 u. 340) haben zum Vorschub keine Zahnräder, sondern eine Kette, mittels der sie auch parallel zu ihrer ersten Lage verschoben werden können. In diesem Falle arbeiten nicht die Messer an der Vorderseite, sondern jene rechts oder links, und es wird dadurch ein einmal begonnener Schlitz in der gleichen Tiefe parallel zum Stollen fortgesetzt. Hierbei kommen Messer in Anwendung, welche abwechselnd oben oder unten schneiden, so dass zwischen den Messerbahnen etwas Gestein stehen bleibt, welches von den zwischen den Messern angebrachten Reissern weggeschabt wird. Diese Art Schneiden ist leichter herzustellen und wieder zu schärfen. Die Zahl der Messer beträgt pro m Kettenlänge 6, die der Reisser 12.

Die Maschine ist für zwei Vorschubgeschwindigkeiten gebaut, nämlich für 38 cm und 56 cm pro Minute, was durch Wahl eines anderen Vorschubzahnrades bewirkt wird. Die Breite der Schneidemesser beträgt 38 mm, ihre Vorragung über die Kette 76 mm, so dass immer eine Nut von 76 mm Tiefe und 38 mm Höhe oben und unten vor dem Schlitz erzeugt wird; da der letztere 130 mm breit ist, so

bleibt ein Kern von 54 mm stehen, der von den Reissmessern wegzuschaben ist (Fig. 341).

Als Anhang zu diesem Abschnitt mögen noch jene Maschinen betrachtet werden, welche, wie auch schon die Kompressoren, nicht ausschliesslich im Bergwesen gebraucht werden, sondern auch im Hüttenwesen ausgiebige Verwendung finden. Es sind dies die

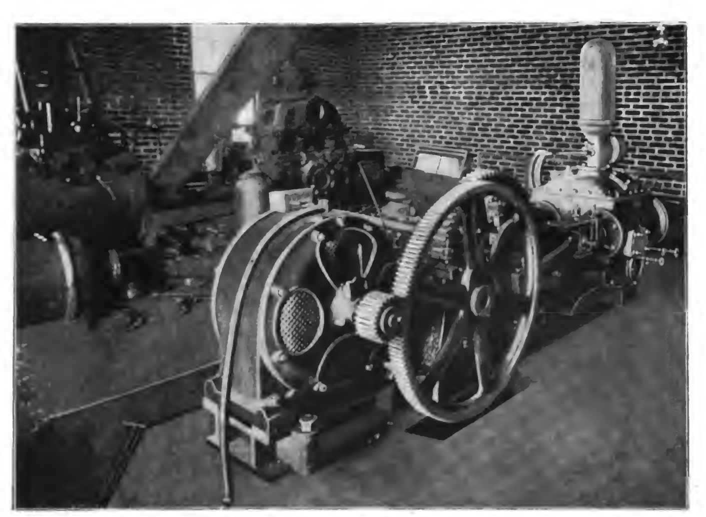


Fig. 342. Pumpe mit Drehstrommotor.

5. Pumpen und Ventilatoren.

Elektromotoren können ohne weiteres an Pumpen angebracht werden, nur muss dies bei Kolbenpumpen wegen deren geringer Hubzahl mit Hilfe von Vorgelegen geschehen, während Kreiselpumpen direkt angetrieben werden. Die für den Motor erforderliche Verlängerung des Bettes der Pumpe ist an dieselbe höchst einfach anzubringen; der Antrieb geschieht durch Zahnräder, doch haben sich auch Keilräder bewährt, wobei der Motor federnd angedrückt wird oder durch sein um eine ausserhalb des Motors gelegene Achse wippendes Gewicht, welches durch eine abspannende Feder gemässigt wird, sich an das grössere Keilrad anlehnt.

Eine solche Kolbenpumpe mit Drehstrommotor und Zahnradantrieb der Westinghouse Co. zeigt Fig. 342. Dass die Pumpen mit elektrischem Antrieb viel kürzer werden, als jene mit Dampfantrieb, braucht nur erwähnt zu werden; ebenso, dass der Elektromotor in jeder Lage ein Anfangs-Drehmoment entwickelt, also keine toten Punkte hat. Die Anlasser werden meist abseits von der Pumpe, selten auf dem Motor selbst montiert.

Schön sind die Wandkolbenpumpen mit Drehstromantrieb der A. E.-G. (Fig. 343).

Wie bereits erwähnt, kann man mit Kolbenpumpen hohe Druckhöhen oder hohen Gegendruck überwinden, während die Kreiselpumpen

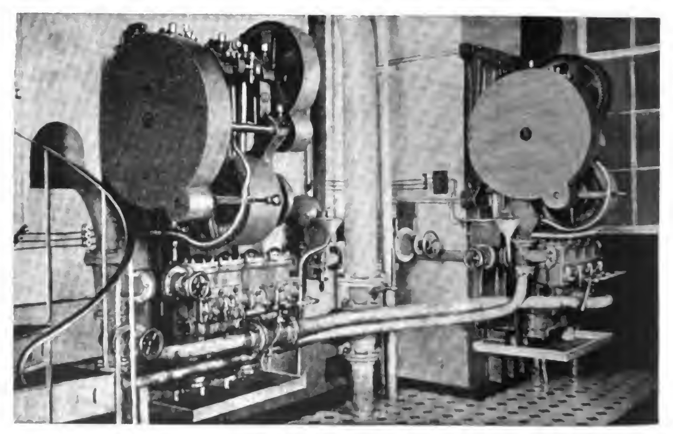


Fig. 343. Wandkolbenpumpe.

den Vorteil des Entfallens eines Vorgeleges durch die Unmöglichkeit grosser Druckhöhen wieder kompensieren. Die Kreiselpumpe wird mit elastischer und isolierender Kuppelung mit der Welle des Elektromotors direkt gekuppelt, da die beiderseits hohen Tourenzahlen dies gestatten. Eine gemeinsame Grundplatte ist hier gleichfalls sehr zweckmässig, kann aber auch durch ein entsprechendes Fundament bei längerer Welle ersetzt werden, um den Elektromotor aus dem Bereich der Rohrleitungen zu bringen, welche sowohl durch das Sickerwasser bei Undichtheiten, als insbesondere durch das Kondensationswasser bei kaltem zu pumpenden Wasser und feuchter, warmer Aussenluft dem Motor von Nachteil sein können. Es empfiehlt sich aus diesem Grunde auch meistens die An-

wendung von gekapselten Motoren. Die Apparate werden möglichst weit weg montiert und bei grösseren Anlagen auf einem Schaltkasten zentralisiert. Solche Anlagen von Kreiselpumpen der A. E.-G. zeigen die Figuren 344 und 345.

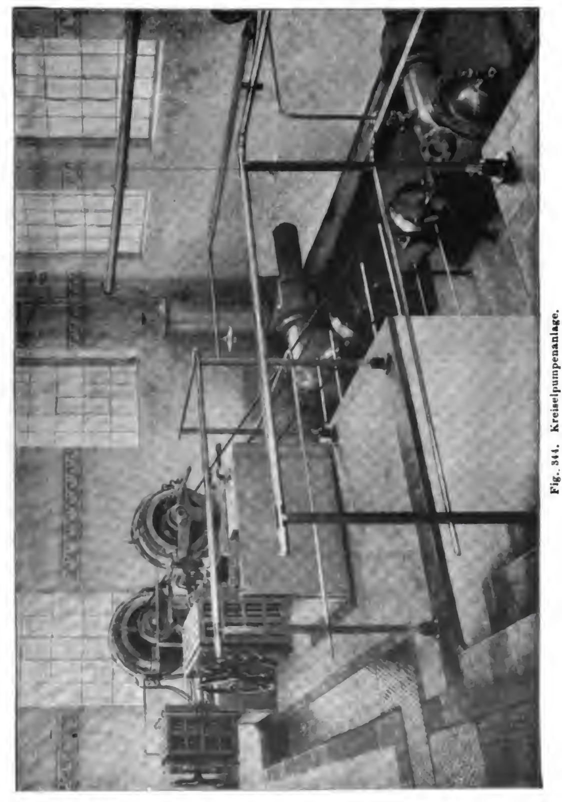


Fig. 344. Kreiselpumpenanlage.

Diese Kreiselpumpen mit direktem elektrischem Betrieb können auch auf einem Karren montiert werden und bilden dann fahrbare elektrische Pumpen, denen der Strom durch biegsame Kabel zugeführt

wird, welche an das betreffende Netz mit Wandkontakten angeschlossen werden. Speziell bei Bauten und dem Trockenlegen der Baugrube sind solche Pumpen angenehm. Sie werden auch häufig in chemischen Fabriken, Brauereien, Kellereien u. dgl. zum Ueberleiten von Flüssigkeiten auf geringe Druckdifferenzen benützt.

Elektrisch angetriebene Pumpen können in der leichtesten Weise mit selbsttätiger Ein- und Ausschaltung versehen werden, wie es erwünscht ist, wenn z. B. eine Pumpe in ein Reservoir fördert und bei



Fig. 345. Kreiselpumpe.

Erreichen eines Mindestwasserstandes die Pumparbeit wieder beginnen, bei Erreichen eines Höchstwasserstandes jedoch selbsttätig aufhören soll. Das selbsttätige Ein- und Ausschalten wird erreicht durch einen in dem Reservoir befindlichen Schwimmer, wie schon seit langer Zeit noch die Signalisierung des Wasserstandes auf elektrischem Wege bewirkt wird, indem der Schwimmer in der zulässigen Höchst- und Tieflage einen elektrischen Strom schliesst. Dieser Strom betätigt einen kleinen Hilfsmotor, welcher seinerseits dazu dient, die „Hubtraverse“ eines (unter den Aufzügen beschriebenen) selbsttätigen Anlassapparates zu heben.

Hat die Hubtraverse ihren höchsten Stand erreicht, so wird einerseits der Pumpenmotor eingeschaltet, anderseits der Strom zum Hilfsmotor unterbrochen, so dass die Traverse auf dem höchsten Stand erhalten bleibt. Wenn nun der Wasserstand im Reservoir auf seinen Höchststand kommt, bewirkt der Schwimmer ein Auslösen der Hubtraverse und durch deren allmähliches Sinken das Ausschalten des Pumpenmotors. Die Details dieser Anordnung können in den verschiedensten Weisen variieren.

Die A. E.-G. baut in sehr übersichtlicher Anordnung Kreiselpumpen, welche speziell für unreine, säure- oder salzhaltige Flüssig-

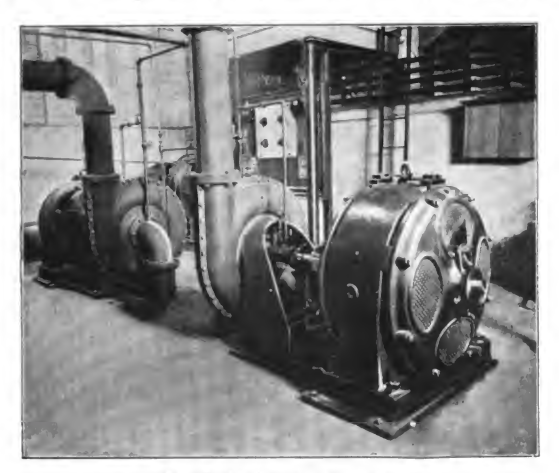


Fig. 346. Kreiselpumpe. Westinghouse.

keit bestimmt ist. Die Druckhöhe kann bis 12 m betragen, die Saughöhe jedoch nicht mehr als 6 m. Bei Bestimmung der Förderhöhen darf nicht darauf vergessen werden, dass die Reibung in den Rohrleitungen einen Verlust an Förderhöhe repräsentiert, dass somit effektiv nicht auf jene Höhe gefördert wird, für welche die Pumpe bemessen werden muss. Die Pumpen werden von 1—10 PS. gebaut und verbrauchen hierbei 1—8,7 Kilowatt. Dabei variiert die Menge des geförderten Wassers zwischen 5 und 33 Liter per Sekunde. Die Tourenzahlen sind bei den kleineren Pumpen ziemlich hoch, ca. 1650 p. Min., sinken aber bei 10 PS. bis auf 900, und es wurden sogar langsam laufende Motoren bei erheblicher Beschränkung der Förderhöhe an-

gewendet, welche eine dreipferdige Pumpe mit 625, eine $4^1/_2$pferdige mit 520 Touren umtreiben. Interessant ist auch die Anordnung Fig. 346 (Westinghouse).

Elektrisch betriebene Ventilatoren können zur Gattung der Schleuderradventilatoren oder zu jener der Flügelradventilatoren gehören. In beiden Fällen ist die Anwendung des Elektromotors ungeheuer einfach, da derselbe direkt mit der Welle verbunden wird, wozu nicht einmal immer eine Isolierkuppelung erforderlich ist. Auch der Riemenantrieb kommt hier noch häufig vor, wenn die Tourenzahlen der Ventilatoren stark von denen der Elektromotoren verschieden sind.

Man verwendet die Ventilatoren zur Lufterneuerung in ganzen Räumen oder aber zum Absaugen schädlicher Gase, staubhaltiger Luft u. dgl. direkt von einem bestimmten Arbeitsplatz. In dem ersteren Fall richtet sich die Grösse des Ventilators nach der zu fördernden Luftmenge und ihrer Beschaffenheit, d. h. ihren Beimischungen an Rauch etc. Bei gegebenem Raum ist also die mehr oder minder oftmalige Erneuerung der Luft massgebend. Der Ventilator saugt oder drückt, je nachdem ihm die verbrauchte oder die frische Luft zuströmt; in beiden Fällen ist dafür zu sorgen, dass die Querschnitte für Zu- und Abströmen nicht verengt sind; wenn der Ventilator unmittelbar neben dem zu lüftenden Raum stehen kann, entfällt ein Saugrohr oder ein Druckrohr. Wenn die Förderung der Luft direkt ins Freie erfolgen kann, stellt man gerne den Ventilator, falls derselbe von kleineren Dimensionen ist, in eine, den zu lüftenden Raum begrenzende Mauer, oder in eine Deckenöffnung. Man hat hierbei besonders darauf zu achten, dass bei wesentlichem Temperaturunterschied nicht das Kondenswasser, welches im reichlichen Masse auftreten kann, den Elektromotor beschlägt und bald unbrauchbar macht, und hilft sich mit den zahlreichen Typen der gekapselten Motoren.

Bei dem An- bezw. Absaugen von Staub oder Gasen sind die Querschnitte der Saug- und Druckrohre oder -kanäle reichlich zu wählen, und ist dafür zu sorgen, dass die Luft nirgends zuströmen kann, ohne ihren Zweck zu erfüllen.

Ein Schleuderrad-Ventilator, d. i. ein solcher, welcher durch Schleuderkraft bewirkt, dass die an seinen Schaufeln entlang gleitende Luft durch eine am Umfang seines Gehäuses angebrachte Oeffnung tangential zum Gehäuse und in einer Richtung senkrecht zur Welle des Ventilators weggedrückt wird, welcher zur allgemeinen Lüftung und auch zum Absaugen von Spänen bei Drehbänken, Gasen u. drgl. gebraucht werden kann, ist in Fig. 347 dargestellt; er wird entweder mit oder ohne Saugrohr verwendet.

Er wird in Leistungen zwischen 7 und 160 cbm Luft pro Minute bei Pressungen von 15—125 mm Wassersäule gebaut; die Touren



Fig. 347. Schleuderrad-Ventilator.

schwanken zwischen 1600 und 1000, der Kraftverbrauch zwischen $^1/_{16}$ und 6 PS. (A. E.-G.). An elektrischem Strom wird 140—5400 Watt

verbraucht. Man kann mit solchen Schleuderrad-Ventilatoren auch die Windleitungen zum Hochofen, zu Schmiedefeuern u. drgl. ohne Anstand betreiben.

Die Flügelrad-Ventilatoren haben, entgegengesetzt zu den eben erwähnten, schraubenförmig gekrümmte und fächerförmig angeordnete Flügel, mittels der sie der Luft eine Geschwindigkeit in axialer Richtung verleihen, der zufolge sie eine zur Schaufelrichtung senkrechte Bewegung durch ein den ganzen Ventilator umfassendes Rohr macht. Von solchen Flügelrad-Ventilatoren sind mehrere Typen ausgebildet worden, mit Drehstrommotor, mit Gleichstrommotor Figur 348 Lahmeyer, mit Rahmen- und Rolljalousie, endlich mit vertikaler Welle.



Fig. 348. Flügelrad-Ventilator.

Diese Ventilatoren werden in Grössen von 0,3 bis $2^1/_2$ PS. gebaut und haben 350—1200 mm Flügelraddurchmesser; sie machen 2000 bis 600 Umdrehungen. Bei Gleichstrommotoren ist ihre Tourenzahl durch Vorschalten eines Widerstandes regulierbar.

Erwähnenswert sind noch die sehr praktischen, selbsttätig durch den Luftzug mehr oder minder geöffneten Klappjalousien, welche es bewirken, dass bei Stillstand des Ventilators nicht ein Rückströmen der hinausgeförderten Luft in den zu lüftenden Raum, eventuell sogar ein Eindringen von Gasen aus anderen Räumen eintritt.

Neunter Abschnitt.

Maschinen des Hüttenwesens.

Bei diesen Maschinen soll unterschieden werden, ob dieselben unter die mehr der Hüttentechnik angehörigen Vorrichtungen zur Behandlung des Produktes und zu dessen gröberer Formgebung einzureihen sind, oder ob sie mehr zu den Maschinen für den

akzessorischen Werkstättenbetrieb und für feinere Formgebung gerechnet werden müssen, oder ob sie endlich zu Hilfsarbeiten, wie etwa Fortbewegung u. drgl. verwendet werden. Die beiden ersteren Gruppen sind nicht streng zu scheiden, und es kommt bei ihnen sowohl, als bei der dritten Gruppe zumeist auf eine zweckentsprechende Anwendung von Elektromotoren, Traktions- und Hebeeinrichtungen u. s. w. auf die speziellen Zwecke des Hüttenbetriebes an.

Unter den Maschinen für den eigentlichen Hüttenbetrieb sind zunächst diejenigen zu erwähnen, welche zur Beschickung von Oefen dienen; dies sind die Chargiermaschinen und Chargierkrane.

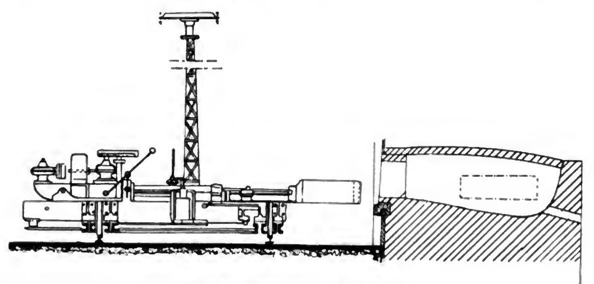


Fig. 349. Chargiermaschine. Aufriss.

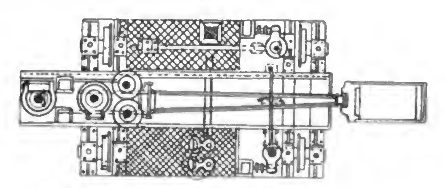


Fig. 350. Chargiermaschine. Grundriss.

Die Chargiermaschine besteht aus einem viereckigen Rahmen aus [-Eisen, welcher mittels vier Rädern auf zwei Schienen vor den Oefen hin und her bewegt werden kann. Zu diesem Zwecke ist die Maschine (Fig. 350, 351) der „Union" mit einem Gittermast versehen, welcher an seinem oberen Ende zwei Stromabnahmerollen trägt, mittels deren er den Strom von zwei blanken Drähten abnimmt, welche oberhalb der Fahrbahn parallel mit den Schienen gespannt sind. Dieser Strom wird im Gittermast durch isolierte Kabel den Kontrollern und dann den Motoren zugeführt (Fig. 352).

Es sind zwei Doppelkontroller vorhanden, welche, gleich den Motoren staubdicht gekapselt sind. Auf jedem Doppelkontroller befindet sich eine Universalsteuerung, so dass beide zu einem Doppelkontroller gehörigen Regulatoren durch einen Hebel betätigt werden. Der Maschinenführer hat also bloss zwei Hebel zu bedienen. Mit Hilfe derselben kann er die vier, bezw. weil je hin und her, die acht Bewegungen machen, für welche die Chargiermaschinen mit vier Elektromotoren ausgerüstet sind. Die Spannung ist in der Regel nicht höher als 250 Volt. Obwohl der Kraftbedarf der vier Bewegungen nicht gleich ist, wählt man doch durchaus gleiche Motoren, um die Bedienung und die Ersatzteile zu vereinfachen, und zwar sind es auf der geschilderten Maschine vier Motoren von 12 effektiver PS. mit 700 Umdrehungen. Einer derselben besorgt das Hin- und Herfahren des Rahmens. Auf dem Rahmen,

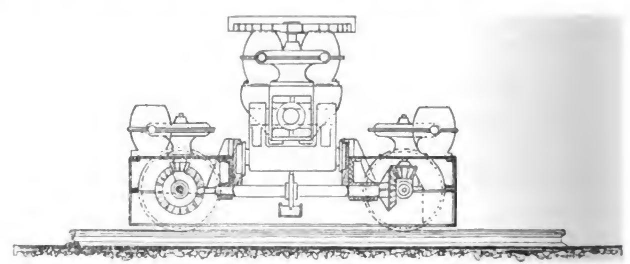


Fig. 351. Chargiermaschine. Kreuzriss.

der zufolge seiner Lage zur Hüttensohle und seiner Form den Eindruck eines niedrigen Wagens macht, ist ein kräftiger Arm angebracht, welcher auf einer Katze drehbar ist, die ihrerseits in zwei kräftigen [-förmigen Bahnen mittels Rädern geführt ist, derart, dass sie bei Vorschub der am Vorderende des Armes angebrachten Chargiermulde, welche 1000 kg Material fasst, nicht gehoben werden kann.

Katze und Arm werden mit Hilfe eines zweiten Elektromotors und eines Kettenantriebes um ca. 3,5—4,0 m in einer Richtung senkrecht auf die Fahrbahn bewegt, schieben also die Chargiermulde in den Ofen ein. Damit bei verschiedener Höhe des Ofenloches eine und dieselbe Maschine benutzt werden kann, ist nun der Arm mit der Mulde um einen Drehpunkt auf der Katze in einer Vertikalebene auf und nieder zu wippen, was von einem dritten Motor besorgt wird. Ein vierter Motor, der analog dem dritten auf der Katze angebracht ist, besorgt die Drehung des Armes um seine Längsachse, somit das Entleeren der Mulde durch Umkippen derselben.

Die Spur der Maschine wird unabhängig vom Vorschub ca. 4 m breit gemacht, die hintere Ausladung ca. 1,75 m, die Breite des Rahmens ca. 3 m.

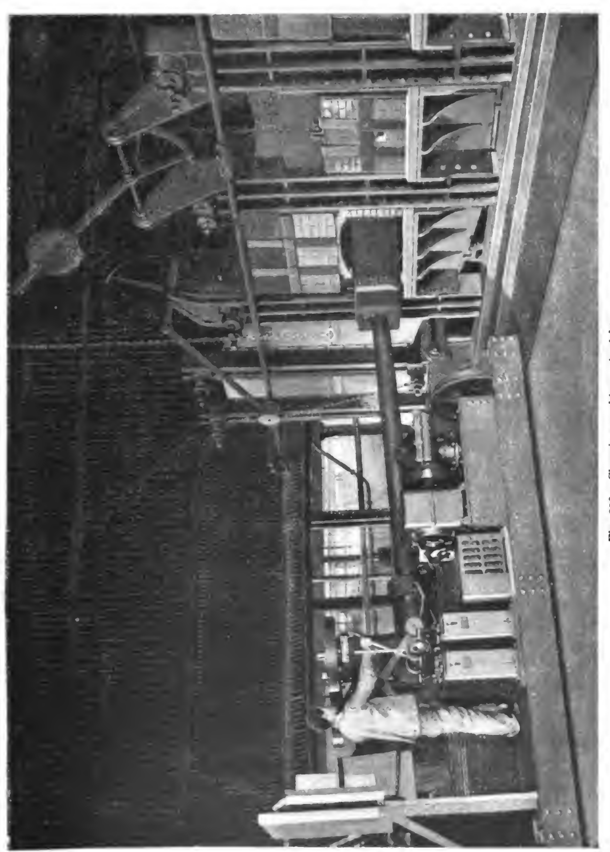


Fig. 352. Chargiermaschine, Ansicht.

Zum Chargieren und Dechargieren von Ingots muss die Maschine mit einer anderen Vorrichtung statt der Mulde versehen sein, welche

in einer Art Zange besteht, welche durch Schraubenbewegung einen Klemmbacken parallel mit der Axe des Auslegers verschiebt, wodurch die Entfernung des Klemmbackens von einer an der Spitze des Auslegers befindlichen Klaue verändert wird. Auf diese Art wir der Ingot eingeklemmt und kann beliebig transportiert werden.

Wenn die Bahn vor den Oefen frei bleiben soll, kann man die Chargiermaschine in einen Chargierkran verwandeln (Wellmann). Dies ist ein Laufkran, welcher ein vertikal abwärts reichendes Gerüst



Fig. 353. Chargierkran.

trägt. An diesem befindet sich der Drehpunkt des Armes und der Arm selbst ist durch einen Elektromotor ausbalanziert. Man hat auch hier die Fahrbewegung, die Drehung des Gerüstes, den Vorschub des Armes und, wenn nicht Ingots chargiert werden sollen, auch das Kippen der Mulde zu unterscheiden (Fig. 353).

Eine sehr analog konstruierte Maschine ist die Koks-Auspressmaschine der Union (Fig. 354, 355). Sie ist natürlich einfacher als die Chargiermaschine, da das Kippen des Armes und die Drehung desselben um seine Axe entfallen. Es kommen daher nur zwei Elektromotoren

zur Anwendung, einer zur Fortbewegung, der zweite zur Bewegung des Armes. Aus der Figur ist die ganze Anordnung gut zu erkennen.

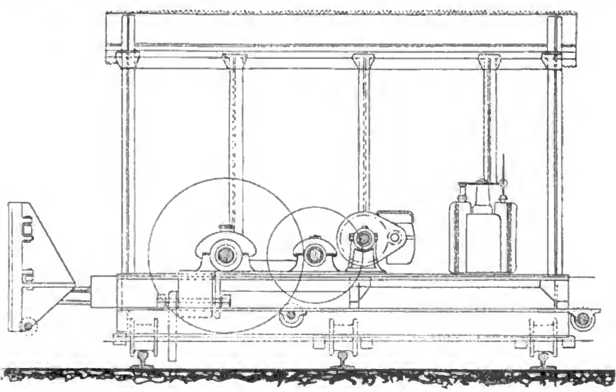


Fig. 354. Koksausdruckmaschine. Ansicht.

Eine Hilfsmaschine dazu ist eine Kranlaufkatze mit Kohlenstampfvorrichtung (Fig. 356). Sie ist durch einen wasserdicht gekapselten Motor für 5 PS. 1400 Umdrehungen betrieben und arbeitet

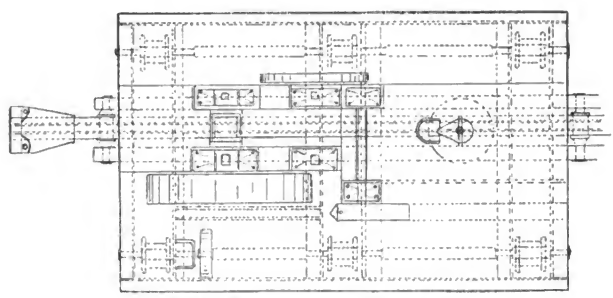


Fig. 355. Koksausdruckmaschine. Grundriss.

mit 300 Volt. Hierher gehört auch der Deckelhebewagen der Akt.-Ges. f. elekt. Industrie in Karlsruhe (Fig. 357).

Auch verdient hier die Lokomotive zur Förderung eines Gusspfannenwagens über einer Coquillengrube Erwähnung, weil es zwar

eine Traktionsmaschine ist, aber weit mehr durch die Bedürfnisse der Hütte als durch jene der reinen Traktion beeinflusst wird (Fig. 358). Die Lokomotive hat einen Stromabnehmer, wie eine Grubenlokomotive

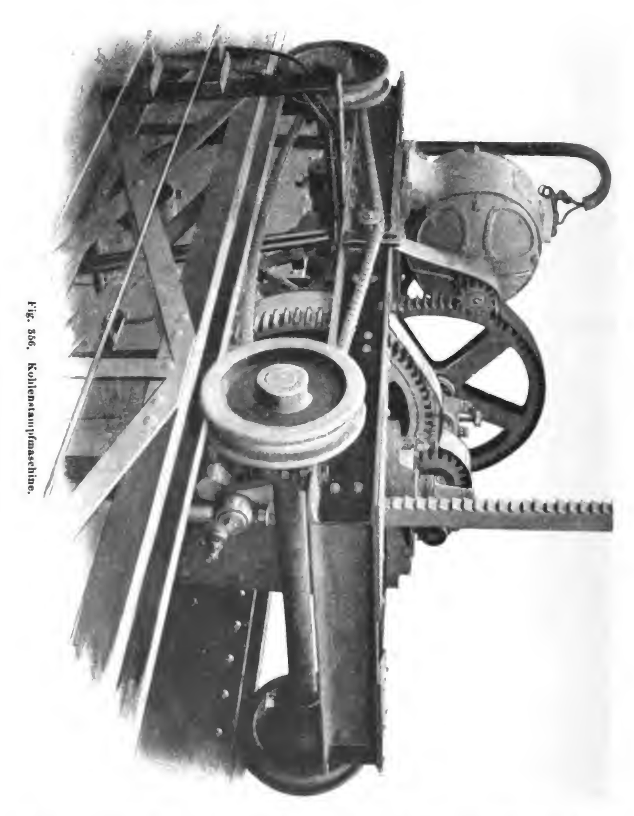


Fig. 356. Kohlenstampfmaschine.

(Parallelogramm) und einen Motor von 14 PS. Die geförderte Last kann 50000 K. erreichen und wird auf einer Spur von 2420 mm mit maximal 30 m Geschwindigkeit gefördert.

Die elementarste Behandlungsart, der das Werkstück in der Hütte unterworfen wird, ist das Bearbeiten desselben unter dem Hammer. Die Elektrotechnik hat hier noch keine erspriesslichen Leistungen zu verzeichnen. Der Hauptgrund dürfte die geringe Leistungsfähigkeit derselben bei der Hervorbringung von bedeutenden und raschen Stosswirkungen sein, bezüglich deren sie entschieden der Wirkung des Dampfes im Dampfhammer nicht gewachsen ist. Denn der Hauptvorzug der elektrischen Maschinen ist unleugbar in der leichten Erzeugung drehender Bewegung gelegen. Wenn nun die drehende Bewegung in eine hin und her gehende verwandelt werden soll, so kann hierbei, wie schon bei den Stossbohrmaschinen erwähnt, eine bedeutende Stosswirkung nicht erzielt werden. Die Solenoidwirkungen jedoch würden höchst voluminöse, teure und enorme Mengen Strom verbrauchende Apparate erfordern, wenn sie eine dem Dampfhammer nur halbwegs ähnliche Wirkung erzielen sollten. Es hat sich daher die Anwendung der Elektrizität auf Hämmer bisher nur in einem bescheidenen Mass geltend gemacht, wie später bei Vorführung kleinerer Werkstättenhämmer mit Verwendung von



Fig. 357. Deckelhebewagen.

Elektromotoren nebst Federn oder Luftzylindern eingehender erörtert werden soll.

Auch bei schwereren Walzwerksmaschinen ist Antrieb mittels Elektromotoren noch selten angewendet, obwohl speziell die vorteil-

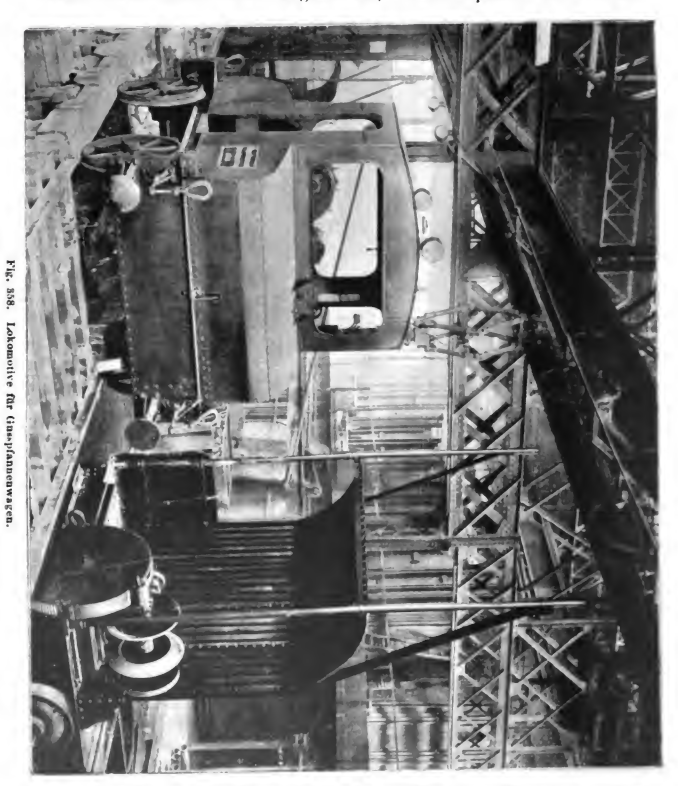


Fig. 358. Lokomotive für Giesspfannenwagen.

haftere Ausnützung der Wasserkräfte durch Drehstrom-Fernübertragung auf eine solche Anwendung direkt hindrängt. Man hat jedoch noch wenig Gelegenheit gefunden, einschlägige Versuche zu machen, welche angesichts der enormen Beanspruchung der Motoren absolute Vorbedingung einer rationellen derartigen Anlage sind.

Bei schwächeren Walzwerken genügt es meist, die Maximalleistung der bisherigen Antriebsmaschinen derselben etwas reichlich im Elektromotor aufzustellen, obwohl man selbst hier einer ausgiebigen Schwungmasse nicht entraten kann, die als Seilscheibe ausgebildet von dem rascher laufenden Elektromotor angetrieben wird.

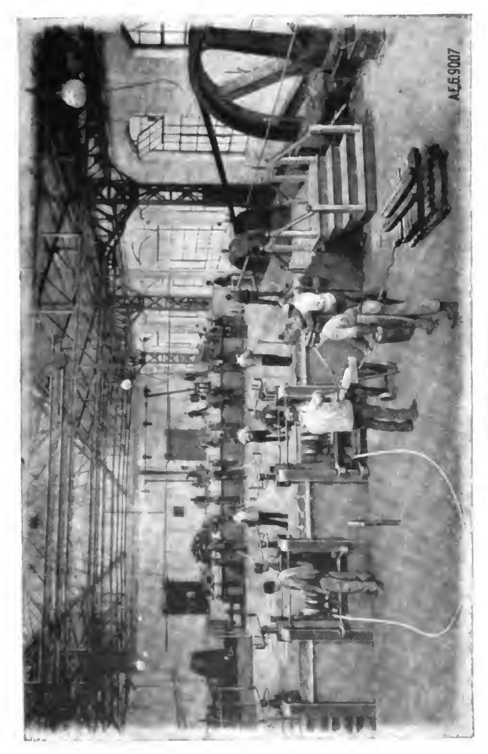


Fig. 359. Walzwerk.

Ein solches Walzwerk des Kabelwerkes Oberspree der A. E.-G. ist in Fig. 359 abgebildet, auf welcher der mit Seilen bewirkte Antrieb vom Elektromotor auf das Walzenschwungrad ersichtlich ist. Diese Anordnung ist vom rein elektrotechnischen Standpunkt mit an-

deren Antrieben gleich zu halten, da bei diesen Arbeitsprozessen an sich keine grossen und absonderlichen Anforderungen an die Motoren

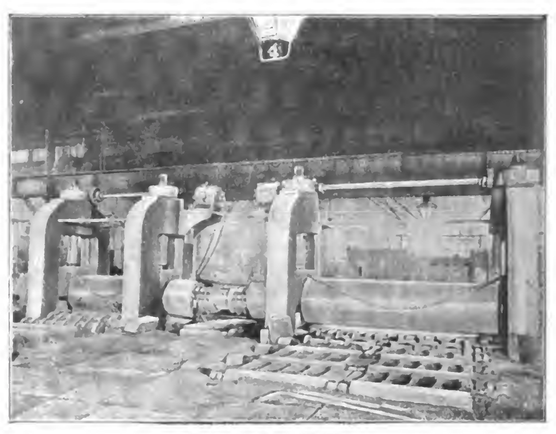


Fig. 360. Walzenstellung.

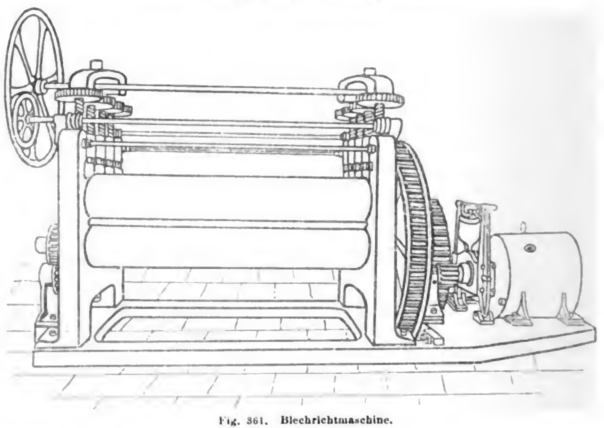


Fig. 361. Blechrichtmaschine.

gestellt werden, und da überdies das Schwungrad eine besondere Beanspruchung des Motors verhindert.

Bei grösseren Walzwerken werden Elektromotoren häufig zum Stellen der Walzen verwendet, wie eine solche Anordnung auf Fig. 360 (Westinghouse) zu ersehen ist.

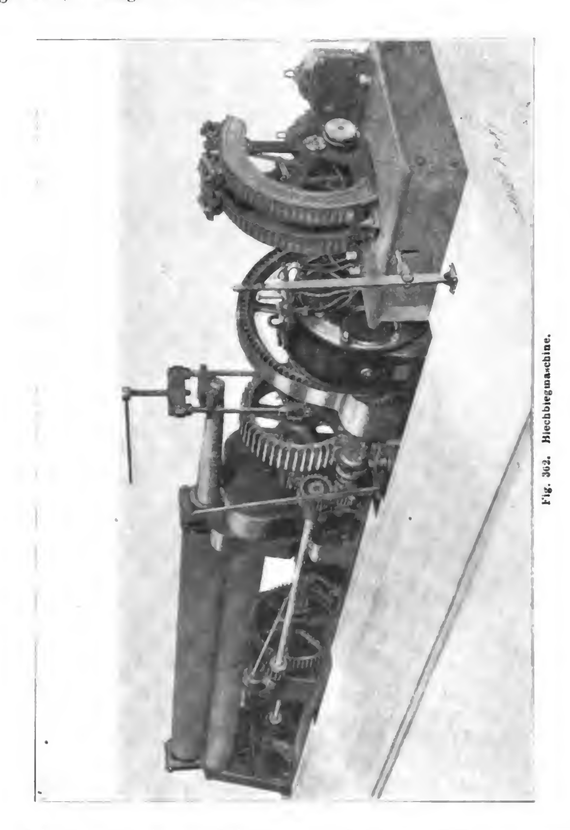


Fig. 362. Blechbiegmaschine.

Für Drahtzüge erfolgt die Anwendung von Elektromotoren in ganz gewöhnlicher Weise, indem ein oder mehrere Zugzylinder unter dem Arbeitstisch mittels Riemen von Elektromotoren angetrieben werden, wobei man die angenehme Eigenschaft mancher kleiner Motoren

benützen kann, nämlich dass sie sich mit nur geringen Abänderungen auch an oberhalb oder seitlich gelegenen Wänden und auch mit vertikal gestellter Welle anbringen lassen.

Eine Blechrichtmaschine mit Elektromotorenantrieb, welcher mit magnetischer Bremslüftung ausgestattet ist und durch einen Flüssigkeitsanlasser betätigt wird, zeigt Fig. 361 (Craig & Donald, Glasgow). Sie beruht auf dem Gegeneinanderwirken von drei oberen und zwei unteren Walzen und kann als kontinuierlich arbeitend betrachtet werden,

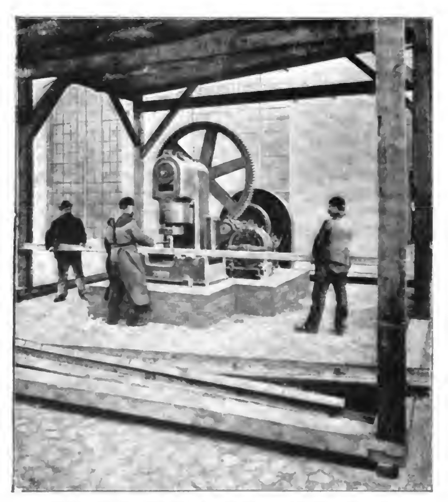


Fig. 363. Richtpresse.

da das nachfolgende Blech schon eingeschoben werden kann, wenn das vorhergehende noch in den letzten Walzen läuft. Ihr Zweck ist, ganz ebene Blechtafeln zu erzeugen. Die Blechbiegemaschine, Fig. 362, hat dagegen den Zweck, Blechtafeln zu Zylindern zu biegen, und besitzt daher nur 3 Walzen (Westinghonse).

Eine Maschine, bei welcher das Richten von längeren Arbeitsstücken, Schienen, Trägern u. drgl. durch Druckwirkung eines mit Exzenter bewegten Stempels bewirkt wird, der früher gebräuchliche Riemenantrieb aber durch Elektromotor ersetzt ist, also eine elektrisch betriebene Richtpresse der A. E.-G. zeigt Fig. 363.

Dass auch die rotierenden Arbeitsmaschinen, z. B. Schienen- oder Trägersägen (Fig. 364), Grobscheren (Fig. 365, 366, Westinghouse), Feinscheren, u. a. direkt mit einem Elektromotor in Verbindung gebracht werden können, welcher sich infolge seiner staubdicht gekapselten Anordnung zum Arbeiten in jeden Hüttenraum eignet, braucht nicht des weiteren erörtert zu werden.

Im Werkstättenbetrieb und für die feinere Formgebung ist natürlich die Mannigfaltigkeit der Maschinen und die Anforderungen an dieselben noch weit grösser. Es gibt daher in dieser Hinsicht manche interessante Kombinationen, welche sich vor allem durch Fortfall der

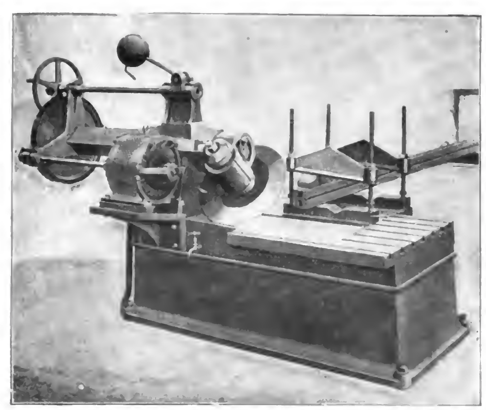


Fig. 364. Trägersäge.

Uebersetzung, daher durch geringen Raumbedarf, grössere Betriebssicherheit und hinsichtlich der Wirkung durch grössere Oekonomie auszeichnen.

Elektrisch betriebene Spindelpressen zur Erzeugung von starken Schraubenbolzen, Nietbolzen, Muttern und dergleichen werden mit Elektromotoren versehen und von diesen genau ebenso angetrieben, wie sonst von einer Riementransmission.

Für die Hämmer gilt dasselbe, was schon früher bei den Hüttenmaschinen erwähnt wurde, und es kommen daher nur Anwendungen vor, welche die Drehbewegung eines Elektromotors zuerst in eine oszillierende einer Feder oder eines Luftzylinders verwandeln, um mit Hilfe dieser letzteren Zwischenglieder erst die Schläge des Hammers

zu erzeugen, welcher an der Feder oder an einem im erwähnten Zylinder befindlichen Kolben befestigt ist. Besonders die Lufthämmer, welche Fig. 367 in einer Ausführung der Werkzeugfabrik Ludwigs-



Fig. 366. Grobschere.

hafen zeigt, werden häufig verwendet, da sie einen scharfen, aber doch sehr elastischen Schlag ergeben. Sie werden in fünf Grössen von 75 bis 450 kg Hammerfallgewichten fabriziert.

In sehr ähnlicher Weise, jedoch ohne Zwischenschaltung des Puffers in Form von Feder oder Luftzylinder, wird die Drehung des Elektromotors mit Hilfe eines Kurbelgetriebes oder Exzenters auf den Tragstock des Werkzeuges bei Stossmaschinen bezw. Lochmaschinen und auf den Prägstock bei Nietenpressen und Drahtstiftenmaschinen übertragen. Letztere werden nicht häufig im elektrischen Einzelantrieb betätigt, sondern meistens in Gruppen mittels Transmission, und zwar nicht so sehr wegen der Ersparnisse an Anschaffungskosten, sondern wegen der zu heftigen Erschütterungen, denen die direkt verbundenen Elektromotoren nicht leicht und dauernd Widerstand leisten können.

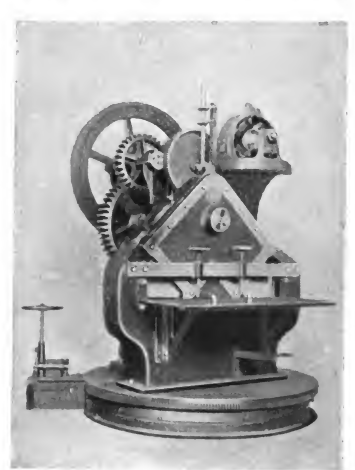


Fig. 366. Grobschere.

Sehr ausgebreitete Anwendung finden Elektromotoren auf alle Arten Bohrmaschinen, von der schwersten Radialbohrmaschine bis zu der leichtesten tragbaren Bohrmaschine, die fast nur mehr den Namen eines Werkgerätes verdient. Hier speziell hat die Elektrotechnik eine bedeutende Umwälzung in der Erzeugung von Maschinen, Brücken u. drgl. hervorgerufen; sie hat es ermöglicht, grosse Werkstücke zu bohren, ohne dieselben zur Bohrmaschine zu bringen. Früher war es notwendig, mit Handarbeit zu rechnen, da man die grossen Stücke und Teile von Bauten nicht zur Bohrmaschine bringen konnte. Jetzt dagegen lässt sich mit grosser Leichtigkeit die Bohrmaschine selbst zu jedem noch so grossen Werkstück bringen, und während sie früher von einer festen, ganz bestimmt gelagerten Transmission abhängig war, von allen mechanischen Kraftzufuhrmitteln, Riemen u. dergl. unabhängig aufstellen.

Hier sind zunächst zu erwähnen die Radialbohrmaschinen mit festem Aufstellungsort, deren Motor der Strom durch fest verlegte Leitungen zugeführt wird. Es werden die Motoren zum Teil oben auf der Maschinensäule angebracht, wo eine weitere Stromzuführung ent-

fallen kann, und die einzelnen Bewegungen mittels Riemen in der gewohnten Weise bewirkt werden, oder aber der Motor, welcher dann nur für die Bohr- und Vorschubbewegung geeignet ist, wird auf dem Support aufgesetzt und es muss ihm der Strom dann durch ein kurzes, biegsames Kabel zugeführt werden.

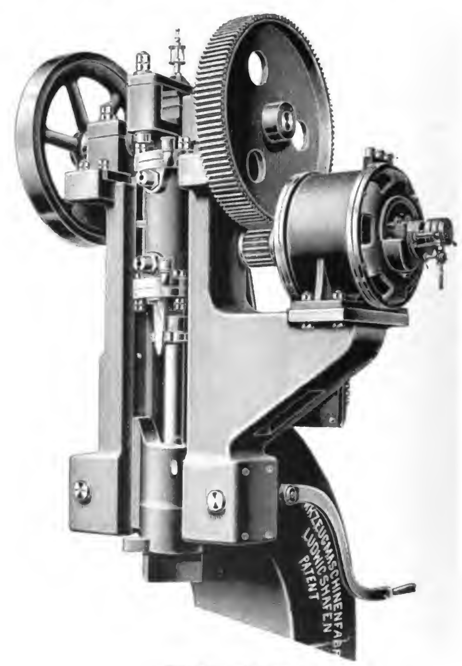


Fig. 367. Lufthammer.

Als Ausführungsform einer grossen stationären Radialbohrmaschine ist Fig. 368 hervorzuheben, welche in den Werkstätten der A. E.-G. aufgestellt ist. Eine kleinere Wandbohrmaschine (A. E.-G.) zeigt Fig. 369. Die Bohrspindel ist vom Elektromotor mittels Schneckengetriebe angetrieben, der Vorschub erfolgt von Hand. Die Maschine ist um 500 mm vertikal verstellbar, die Ausladung des Supportes hat die Grenzen Minimum 400 mm, Maximum 1250 mm. Die Bohrvorschub-

bewegung beträgt 150 mm in jeder Lage, derart, dass effektiv die Bohrerspitze eine Strecke von 650 mm in vertikaler Richtung beherrscht. Man kann mit dieser Maschine in Eisen Löcher von maximal 40 mm Durchmesser bohren.



Fig. 368. Radialbohrmaschine.

Zu den stattlichsten Bohrmaschinen mit veränderbarem Aufstellungsort (transportabel) gehört jene der A. E.-G. (Fig. 370).

Hier ist die Einrichtung derart getroffen, dass die Bohrsäule mit Hilfe eines zylindrischen Untersatzes, der ein Stufenvorgelege trägt, auf einer entsprechend grossen Richtplatte angeschraubt wird; unmittelbar daneben kommt der Gegenantrieb und der den letzteren antreibende Motor zu stehen. Der Motor erhält seinen Strom durch ein biegsames Kabel von irgend einem Anschlusskasten aus, welcher in der Nähe der Richtplatte im Boden oder an einer Wand bezw. Säule des Gebäudes

angebracht ist. Auf derselben Richtplatte liegt natürlich das zu bearbeitende Stück, es ist aber nur in den seltensten Fällen ein sehr strammes Aufspannen desselben erforderlich; es kann daher auch nicht

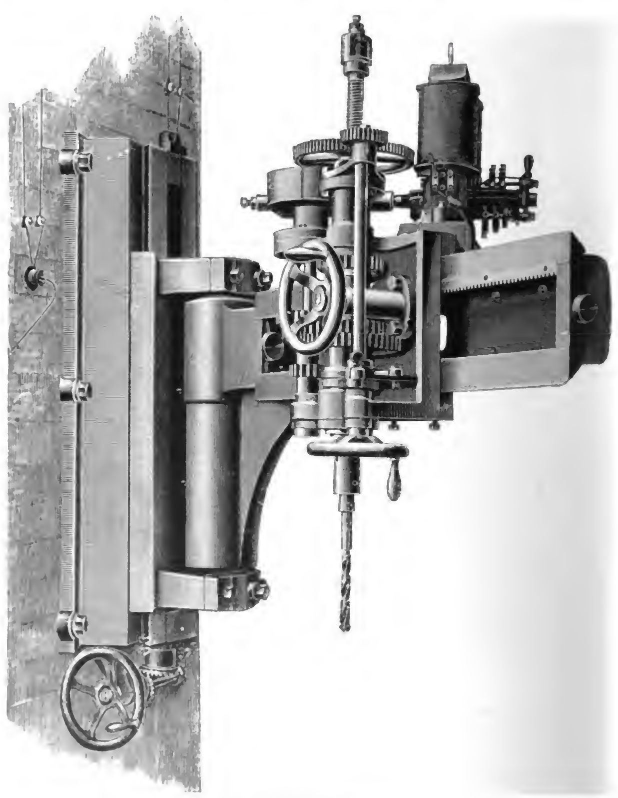


Fig. 369. Wandbohrmaschine.

verzogen werden und weist im freien Zustand keine Deformation der Löcher, Nuten und sonstigen bearbeiteten Flächen auf, wie dies bei aufgespannten schweren Stücken oft vorkommt.

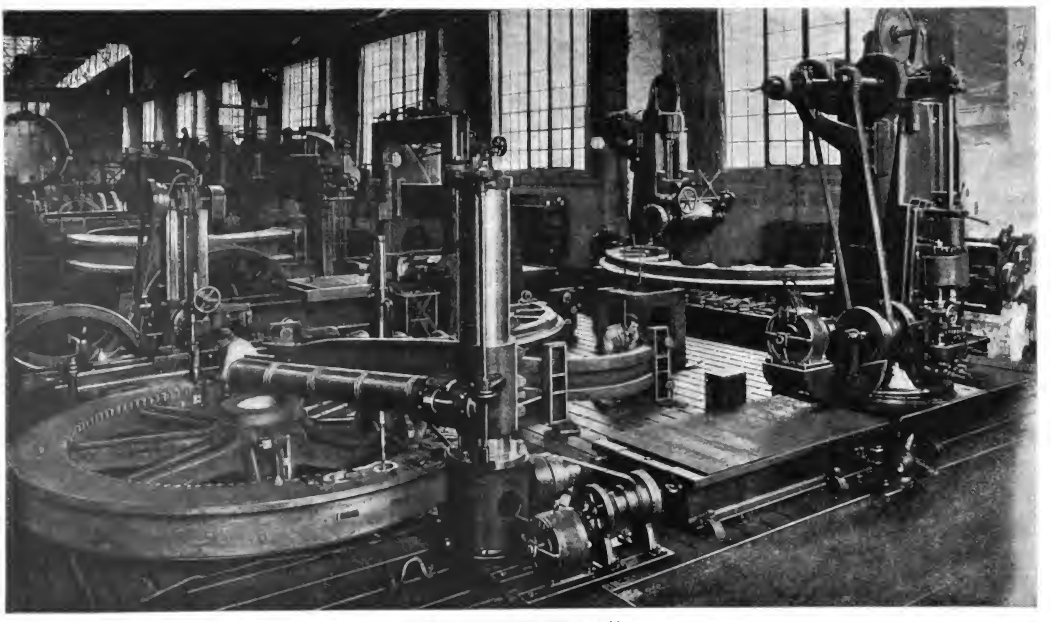


Fig. 370. Transportable Bohrmaschine.

Bei weitem leichter konstruiert als die eben geschilderte Maschine ist jene, welche in Fig. 371 dargestellt ist und welche im ganzen vollkommen dienstfertig mittels Kranes transportiert werden kann. Das Werkzeug ist hier in horizontaler Lage auf einem Support befestigt, welche durch Kette und Gegengewicht ausbalanziert ist und in beliebiger Lage festgestellt werden kann. Der Antrieb erfolgt mittels Zahnräderübersetzung und Riemen von einem Elektromotor aus, welcher auf einer an der Maschinensäule angegossenen horizontalen Platte aufgestellt wird.

Auch die etwas kräftigere Radialbohrmaschine (Fig. 372), welche den Elektromotor oben auf die Kransäule trägt, ist leicht mit Kran transportabel, sie kann sogar ohne Aufstellung auf einer Richtplatte, nur auf einer sonst ebenen, angenähert horizontalen Unterlage benutzt werden.

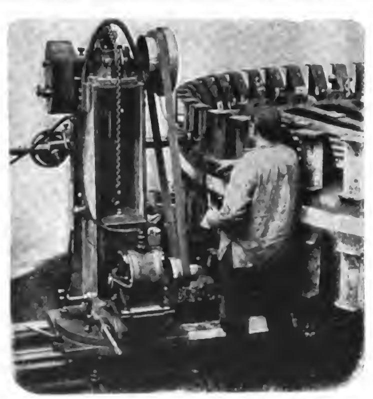


Fig. 371. Transportable Bohrmaschine.

Eine andere leichtere Konstruktion ist die in Fig. 373 gekennzeichnete Bohrmaschine.

Besonders leicht werden die Schnellbohrmaschinen konstruiert (Fig. 374). Auf der Grundplatte erhebt sich einerseits die oben abgebogene Bohrsäule, welche ein Vorgelege trägt, anderseits ist auf derselben ein Scharnier angebracht, in welchem mittels einer Wippvorrichtung ein Elektromotor (Gleich- oder Wechselstrom) derart angebracht ist, dass sein Gewicht direkt den Antriebsriemen stets gespannt erhält, was durch eine Stellschraube reguliert wird. Neben der Säule ist der Handausschalter zu sehen. Auch diese Maschine bildet ein Ganzes für sich und wird auf ganz leichter Unterlage verwendet. Diese Bohrmaschinen werden in drei Grössen gebaut, mit Motoren 800, 550 und 400 max. Tourenzahl. Man kann in Schmiedeeisen Löcher von 10, 15 und 22 mm Durchmesser und 80 bezw. 100 mm Tiefe bohren und beherrscht eine Ausladung von 110, 160 bezw. 205 mm.

Bezüglich der Vielseitigkeit der Verwendbarkeit geradezu ideal ist jedoch das System der fahrbaren kleinen Bohrmaschinen, welches ausser der Union und Kolben insbesondere die A. E.-G. zur grössten Vollkommenheit ausgestaltet hat.

Dasselbe besteht in einer Trennung des Motors von dem Bohrer zu dem Zwecke, um beide leichter transportabel zu machen und unabhängig voneinander anwenden zu können.

Der Elektromotor wird auf einem Bohrkarren angebracht; eine Verbindung mittels Gelenktrieb oder biegsamer Welle bewegt den Bohrer und dieser wird entweder an einem Ständer befestigt oder auf-

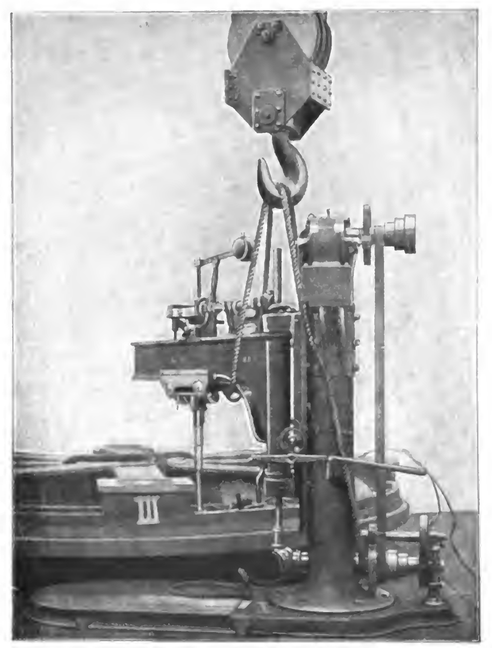


Fig. 372. Transportable Radialbohrmaschine.

gehängt, oder nur in den Händen gehalten und vom Arbeiter mit der Brust an das Werkstück angedrückt. Es ist klar, dass diese Methode die Anwendbarkeit der Bohrer weitaus umfassender gestaltet.

Fig. 375 zeigt einen grösseren ausgerüsteten Bohrkarren, wie er meist nur auf dem Fussboden verwendet wird. Dieser Bohrkarren besteht aus einem leichten eisernen Gestell mit zwei Rädern und einer

Stütze, sowie Handgriff. Auf diesem befindet sich eine Platte, welche den Elektromotor, den Anlasser, das Anschlusskabel und die gelenkige

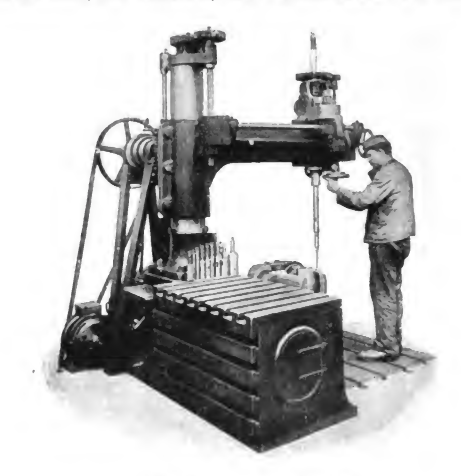


Fig. 373. Bohrmaschine. Lahmeyer.

Welle aufnimmt. Der erste Antrieb besteht aus Keilrädern, und es wird von dem langsamer laufenden dann die ausziehbare, mit Gelenkkuppelungen versehene Welle betätigt, welche den Bohrer antreibt.



Fig. 374. Schnellbohrmaschine.

Unter der Platte bleibt Raum für die Bohrer, Reserveteile, Schlüssel und für die zum Anbringen der Bohrer erforderlichen Behelfe.

Ein zweiter Bohrkarren, der etwas einheitlicher konstruiert ist, kommt in Fig. 376, 377 zur Darstellung.



Fig. 375. Bohrkarren.

Am häufigsten kommt ein **Bohrständer** in Anwendung, welcher die Bohrsäule im Kleinen ersetzt und neben Vielseitigkeit der Anwendung auch eine sehr solide Befestigung an dem zu bohrenden Stück ermöglicht. Dies ist nicht zu unterschätzen, da der Wert dieser transportablen Bohreinrichtungen hauptsächlich darin besteht, dass man entweder schwer transportable Werkstücke im Fabrikshof oder eiserne Gerüste, Aufzugstürme, Hallen, Brücken, Schiffspanten und dergleichen ganz im Freien an Ort und Stelle mit den erforderlichen Bohrungen

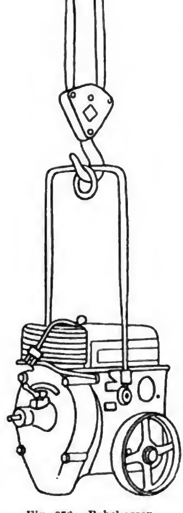


Fig. 376. Bohrkarren.

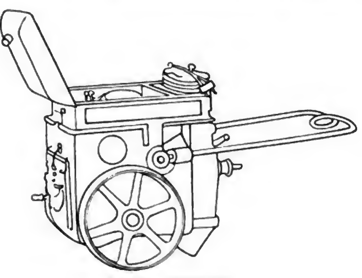


Fig. 377. Bohrkarren.

versehen kann, wobei natürlich jede geforderte Lage und Tiefe erreicht werden muss.

Die Anwendung des Bohrständers zeigt Fig. 378, in welcher auch die Aufhängung des speziell für solche Verwendung konstruierten Motors erkennbar ist; ebenso Fig. 379.

Die Verwendung einer Handbohrmaschine (Fig. 380) an einem Bohrständer (E. Heubach), zeigt Fig. 381, und die Aufhängung eines mit Motor direkt verbundenen Bohrers an einer Art Kran (Fig. 382).

Die Bohrmotoren werden für 110 bis 500 Volt gebaut, und zwar für Gleichstrom und für Drehstrom. Ihre Stärke ist

Fig. 378. Bohrständer.

Fig. 379. Bohrständer.

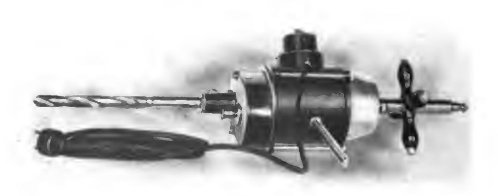


Fig. 380. Handbohrmaschine.

zwischen $^1/_8$ bis 2 PS. verschieden, je nach den Zwecken, denen sie dienen sollen. Die Bohrer machen je nach dem Durchmesser der Löcher Touren, welche sich innerhalb der Grenzen 240—260 bewegen.

Die Füsse der Bohrständer können verschiedene Formen erhalten; am gebräuchlichsten sind die Formen der fahrbaren Platte, der Gabel, des Kreuzes und der Kreisplatte. Die Säule wird 75 mm dick und 1500 mm oder 800 mm hoch gemacht.

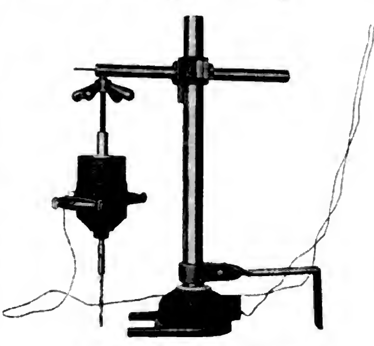


Fig. 381. Handbohrmaschine an Bohrsäule.

Viel gedrängter als die Bohrkarren sind jene Vorrichtungen, welche nur den leichten transportablen Motor und die oben beschriebenen Bohrvorrichtungen enthalten, die mit biegsamer Welle angetrieben werden. Diese Motoren sind wegen der Verwendung im Freien und in staubigen Werkstätten dicht gekapselt und mit den Widerständen und Schaltern in ein gemeinsames Gehäuse montiert. Das Gehäuse ist auf zwei Rädern fahrbar, der als Deichsel wirkende Bügel mit Handgriff versehen. An diesem kann die ganze Dynamomaschine an den Lasthaken eines Kranes gehängt und beliebig hin und her transportiert werden.

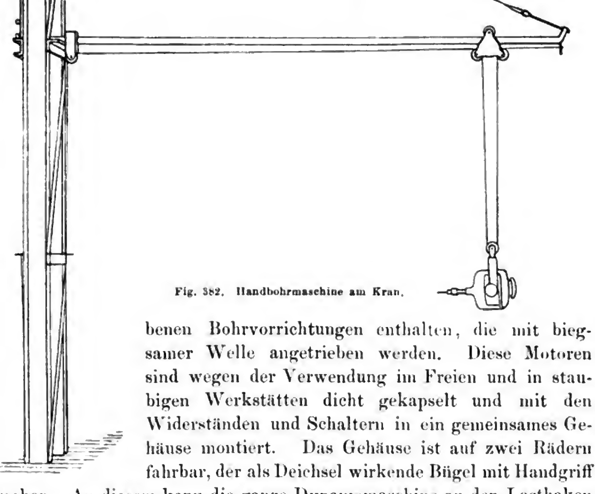


Fig. 382. Handbohrmaschine am Kran.



Fig. 383. Verteilung bei mehreren Bohrmaschinen.

Die Geschwindigkeitsänderung wird mittels verschiedener Räderpaare bewirkt, da die Regulierung auf elektrischem Wege keinen so bedeutenden Umfang hat. Man kann daher bei einer Motortourenzahl entweder 210 oder 450 Touren der Anschlusswelle erreichen, welche mit ausrückbarer Kuppelung betätigt wird. Die Motoren erhalten für den Antrieb des Brustbohrapparates noch einen Antrieb mit 1440 Umdrehungen, und bei Gleichstrom kommen auch Touren von 490 vor.

Die Motoren leisten je nach der Grösse $^1/_4$, 1 und $1^1/_2$ PS.

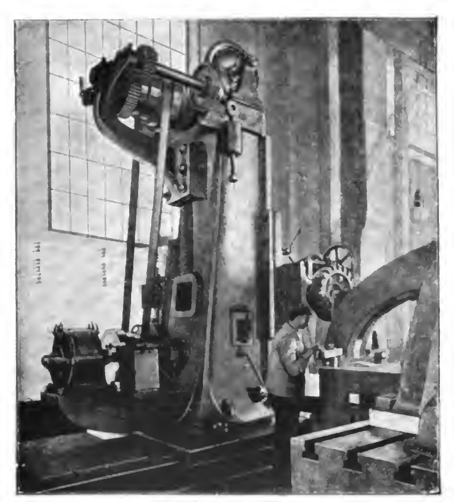


Fig. 384. Fräsmaschine.

Die Bohrapparate, welche mit Hilfe einer verschiebbaren Gelenkkuppelung oder einer biegsamen Welle bewegt werden, sind entweder an die Bohrspindel zu befestigen und dann zum Vorschub des Bohrers mit einem Handrad versehen, oder sie tragen eine Brustplatte.

Wenn von einem Motor mehrere Bohrapparate gleichzeitig angetrieben werden sollen, so benützt man einen Verteiler, welcher einen Wellenanschluss für die kraftabgebende Welle des Motors und vier Anschlüsse für die Wellen der Bohrapparate besitzt. Die Verwendung ist aus Fig. 383 erkennbar.

Auch auf Fräsmaschinen, Sägen und Hobelmaschinen findet der elektrische Antrieb leicht Anwendung, ohne elektrotechnisch

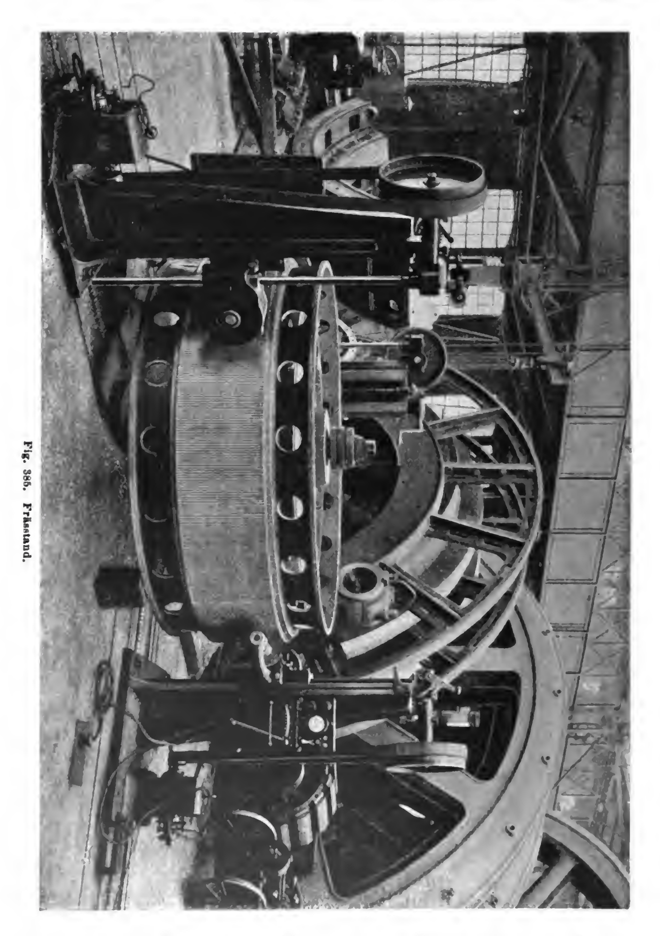


Fig. 385. Frässtand.

etwas wesentlich anderes zu bieten, als das Hineinstellen eines Elektromotors an eine geeignete Stelle neben die Arbeitsmaschine (Fig. 384, A. E.-G.). Sehr bemerkenswert ist der dreifache **Frässtand** der

Firma Lahmeyer (Fig. 385), welcher zur Herstellung von Nuten in grossen Gleichstromankern dient, wobei die Ankerdurchmesser bis 5 m betragen können. Je rascher die Wellen der Werkzeuge bezw. Messer laufen, desto besser ist der Elektromotor der betreffenden Maschine anzupassen, und sind in dieser Hinsicht die Holzkreissägen, Holzfräsmaschinen und Schleif- oder Sägeschärfmaschinen ideal.

Die Anbringung des Elektromotors an einer Hobelmaschine zeigen die Figuren 386 A. E.-G. und 387 Lahmeyer.

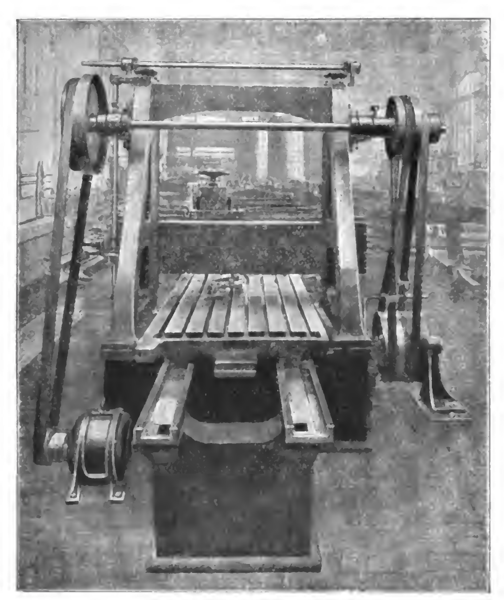


Fig. 386. Hobelmaschine. A. E.-G.

Von Schleifmaschinen ist eine schöne kräftige Doppelschmirgel-Schleifmaschine in Fig. 388 zu sehen, welche von der Firma Garbe-Lahmeyer in Aachen mit einem 3pferdigen gekapselten Motor versehen wurde, der direkt in die Maschine eingebaut ist. Um die Fortpflanzung des Druckes der beiden Schmirgelscheiben auf die Lager des Elektromotors zu vermeiden, besitzt der Motor eine hohle Welle, durch welche die Welle der Schleifmaschine hindurchgeht. Die Verbindung beider

Wellen erfolgt mittels einer elastischen Kuppelung. Gegen den Schmirgelstaub ist der Motor vollkommen gekapselt. Mit Hilfe einer Nebenschlussregulierung kann der Motor seine Touren im Verhältnis 1 : 2 verändern, d. h. bis auf die halbe normale Tourenzahl abreguliert werden, ohne dass eine wesentliche Aenderung des Güteverhältnisses eintritt.

Eine leichte Schmirgelschleifmaschine derselben Firma ist in Fig. 389 zu sehen. Der ganze Rahmen ist an einer Traverse mit Hilfe eines Kettengetriebes zu bewegen. Der Motor ist oben verkehrt aufgehängt, was bei den Motoren dieser Firma sehr leicht geht, weil

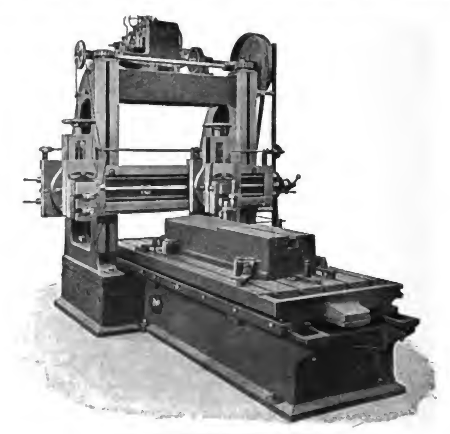


Fig. 387. Hobelmaschine. Lahmeyer.

die Lager in Lagerschildern untergebracht sind, die um 180° versetzt werden können. Der vertikale Arm ist um die Motorwelle pendelnd zu bewegen. Die Schleifscheibe ist nebst ihrem Antrieb und Gegengewicht um eine vertikale Axe drehbar, sie allein um eine horizontale. Es fehlt also nur das unabhängige Heben und Senken, was aber wegen der fixen Länge des Riemenantriebes nicht angeht. Die Maschine braucht 2 PS.

Hierher gehören auch die Poliermotoren, welche gleich auf den verlängerten Wellenenden die Schleifscheibe bezw. Polierwolle tragen.

Fig. 390 ist eine Wellenschleifmaschine von Lahmeyer, Fig. 391 eine kleine Werkzeugschleifmaschine derselben Firma, Fig. 392 eine Handschleifmaschine von E. Heubach.

Bei den Drehbänken kommt, soweit es sich auf kleinere Maschinen bezieht, ausschliesslich die Aufstellung eines Elektromotors neben oder unter die Bank selbst in Frage, welcher mittels Riemen den Antrieb bewirkt, in den seltensten Fällen findet eine Tourenregulierung am

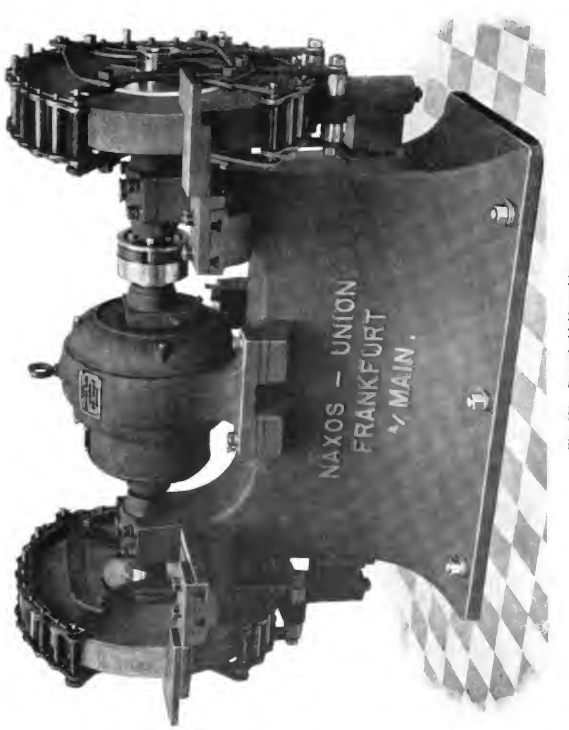


Fig. 388. Doppelschleifmaschine.

Motor statt (Fig. 393, 394). Das Ein- und Ausschalten kann von Hand oder Fuss bewirkt werden.

Von Garbe, Lahmeyer rühren die beiden Drehbankantriebe mit 15 PS. Motoren her, welche Supportdrehbänke von 9500 mm bezw.

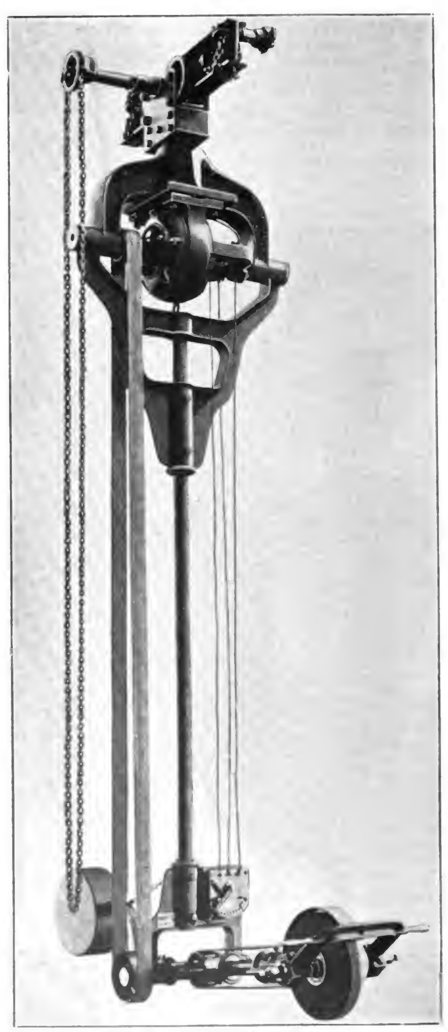


Fig. 389. Aufgehängte Schleifmaschine.

600 mm Spitzenhöhe betreffen und in den Figuren 395 und 396 dargestellt sind.

Grosse Plandrehbänke mit horizontaler Planscheibe aber erhalten nicht nur Anlass- sondern auch oft Regulierwiderstände zu ihrem Motor

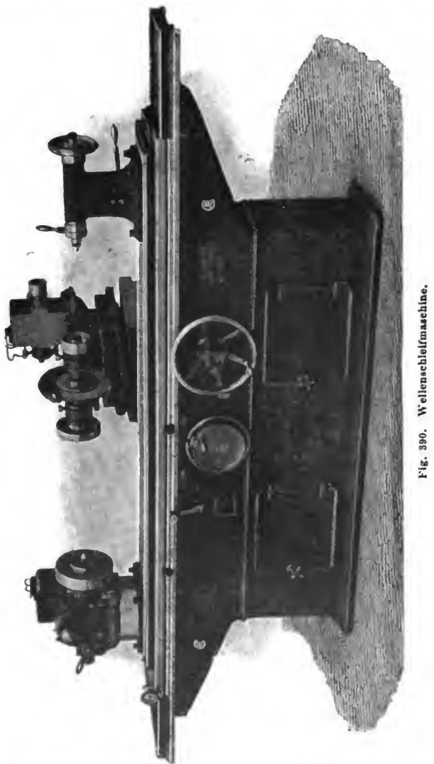


Fig. 390. Wellenschleifmaschine.

bezw. ihren Motoren, da man hierbei häufig einen Motor für die Drehung der Planscheibe und einen getrennten Motor für das Bewegen des Rahmens anwendet, der die Messersupporte trägt. A. E.-G.

Zwei grosse Planscheibendrehbänke, deren Antriebe leider nicht ganz deutlich sichtbar sind, die aber wegen der bearbeiteten

Objekte und der Bewegung des Stahles von Interesse sind, werden in den Figuren 397 und 398, Lahmeyer, dargestellt.

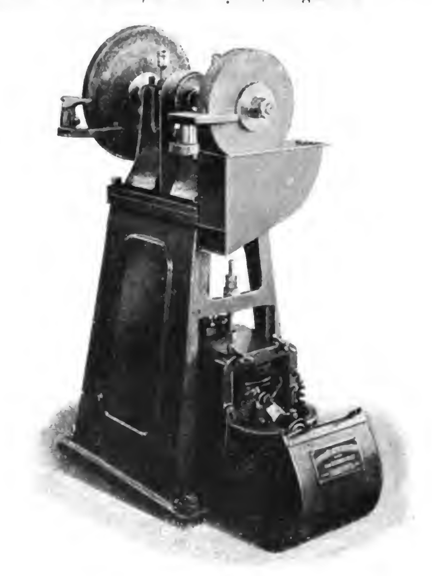


Fig. 391. Werkzeugschleifmaschine.



Fig. 392. Handschleifmaschine.

Technisch muss man wohl den elektrischen Antrieb einer Werkzeugmaschine als das Günstigste betrachten, was sich leicht aus den

früher erwähnten Vorteilen, der Platzersparnis, Verminderung der Arbeitsleistung und Gefahr, Wegfall der Zahn- und Riementriebe u. s. w. ergibt. Wenn es sich aber darum handelt, elektrischen Antrieb zu pro-



Fig. 393. Drehbank-Antrieb.

jektieren, so werden immer die besonderen Verhältnisse zu berücksichtigen sein, unter denen die Maschinen mit Rücksicht auf den Geschäftsbetrieb der betreffenden Fabrik arbeiten. Die Dauer und Stärke der

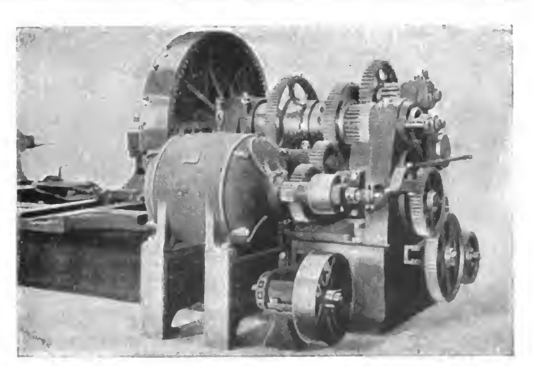


Fig. 394. Drehbank-Antrieb.

Ausnutzung einer Maschine oder eines Komplexes ähnlicher oder zusammengehöriger Arbeitsmaschinen, die Leistung, die Möglichkeit des Alternierens und viele andere Gesichtspunkte, unter denen schliesslich

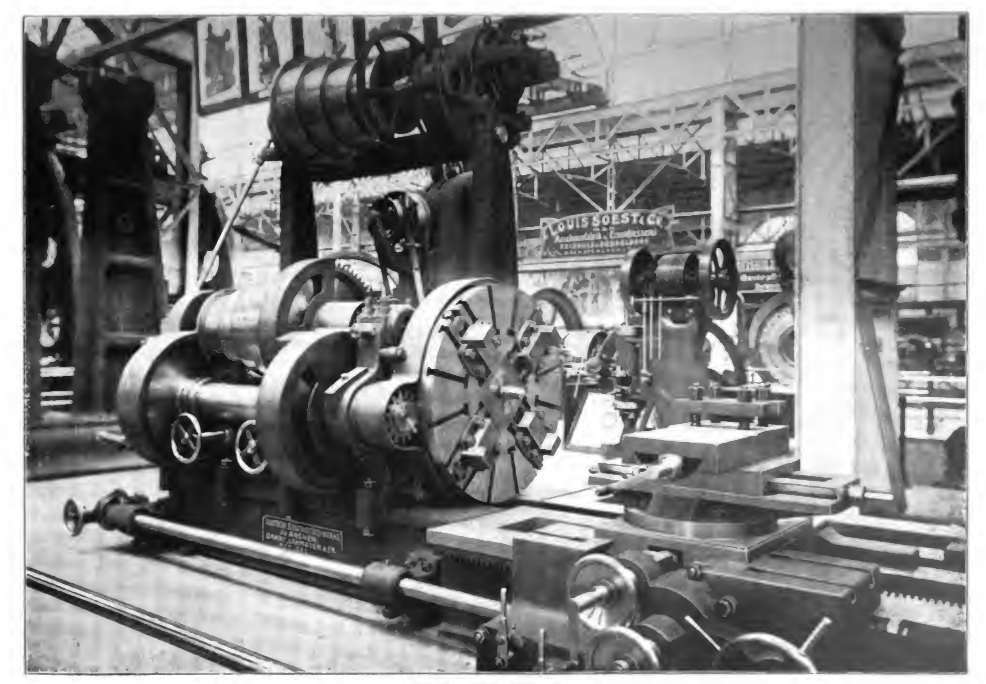


Fig. 895. Drehbank-Antrieb.

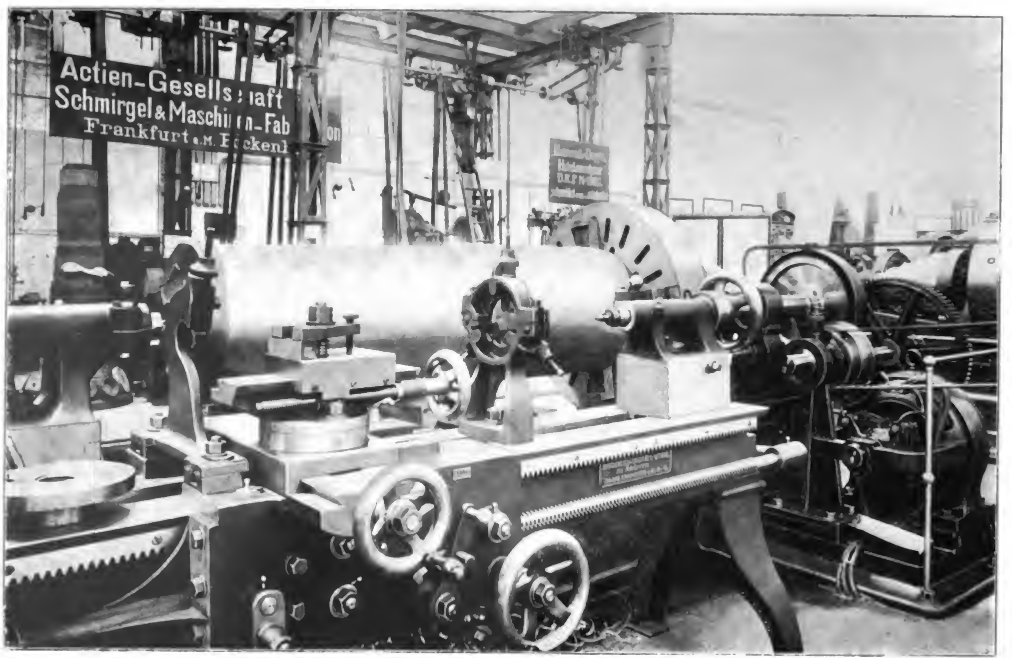


Fig. 396. Drehbank-Antrieb.

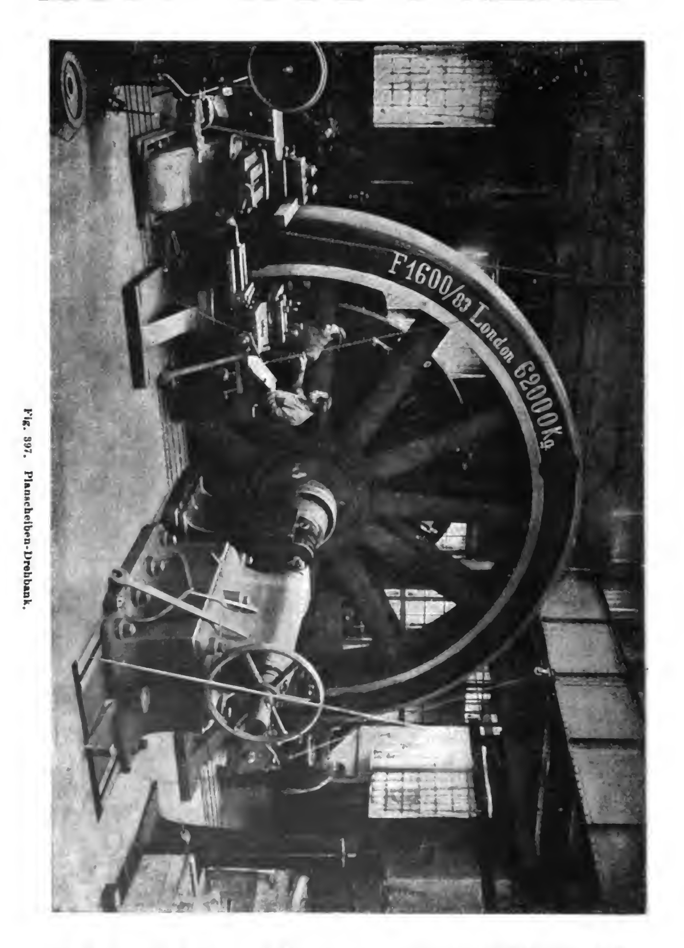


Fig. 397. Planscheiben-Drehbank.

auch die Anschaffungs- und Betriebskosten, Güteverhältnis, Stromkosten u. s. w. massgebend sind, kommen in Frage, wenn es sich um ein Urteil über die kommerzielle Zweckmässigkeit des elektrischen Antriebes über-



Fig. 398. Planscheiben-Drehbank.

haupt und über die Wahl von elektrischem Einzelantrieb oder elektrischem Gruppenantrieb handelt.

Zumeist wird aber die technische Seite der Frage, die leichte Handhabung und Regulierung der Motoren u. s. w. ausschlaggebend sein,

sodass sich die Elektrotechnik auch im Hütten- und Werkstättenbetrieb noch weitaus mehr einbürgern wird. Insbesondere dürfte dies für Maschinen und Vorrichtungen gelten, welche zur Ausführung der mannigfachen Spezialhilfsarbeiten im Hüttenbetrieb dienen, und von denen einzelne zufolge der magnetisierenden Wirkungen des Stromes ausschliesslich auf elektrischem Wege überhaupt bewirkt werden können. Es mögen einige dieser Hilfsvorrichtungen noch hier beschrieben werden.

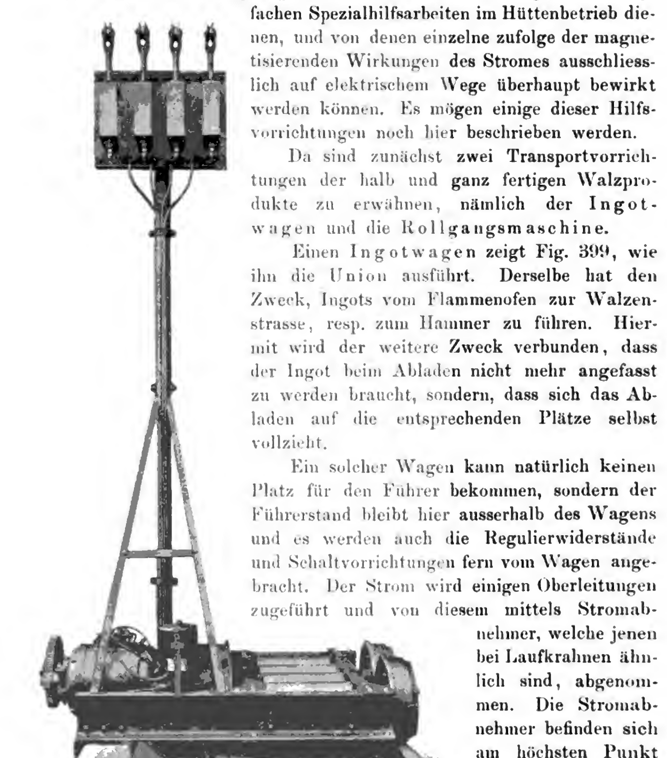


Fig. 399. Ingotwagen.

Da sind zunächst zwei Transportvorrichtungen der halb und ganz fertigen Walzprodukte zu erwähnen, nämlich der **Ingotwagen** und die **Rollgangsmaschine.**

Einen **Ingotwagen** zeigt Fig. 399, wie ihn die **Union** ausführt. Derselbe hat den Zweck, Ingots vom Flammenofen zur Walzenstrasse, resp. zum Hammer zu führen. Hiermit wird der weitere Zweck verbunden, dass der Ingot beim Abladen nicht mehr angefasst zu werden braucht, sondern, dass sich das Abladen auf die entsprechenden Plätze selbst vollzieht.

Ein solcher Wagen kann natürlich keinen Platz für den Führer bekommen, sondern der Führerstand bleibt hier ausserhalb des Wagens und es werden auch die Regulierwiderstände und Schaltvorrichtungen fern vom Wagen angebracht. Der Strom wird einigen Oberleitungen zugeführt und von diesem mittels Stromabnehmer, welche jenen bei Laufkrahnen ähnlich sind, abgenommen. Die Stromabnehmer befinden sich am höchsten Punkt eines vertikalen Rohres, welches auf dem viereckigen Rahmen befestigt ist, aus welchem der Ingotwagen besteht. Der Rahmen ist auf vier Rädern angebracht und hat ausserhalb der Spur des Gleises einen Ausbau zur Aufnahme des erwähnten Rohres und des Motors, dem der

Strom durch isolierte Kabel von den Abnehmern aus zugeführt wird. Die Schaltung kann den Anforderungen entsprechend beliebig sein, wonach sich die Zahl der Leitungen und Stromabnehmer richtet; auch wird magnetische Bremsung, eventuell auch elektrische Kurzschlussbremsung (Motoranker, Magnete, Bremslüftungsmagnet von der Stromquelle abgeschaltet und in Reihe kurzgeschlossen), und automatische Stromunterbrechung gegen das Ueberfahren eines bestimmten Punktes angewendet. Der Ingotwagen besitzt nämlich zwischen

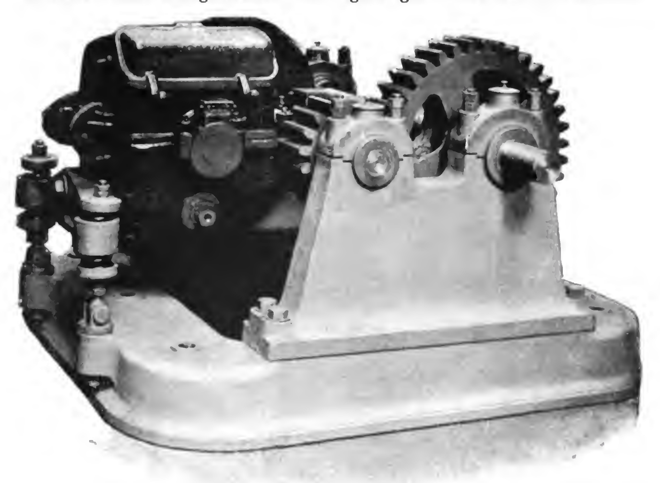


Fig. 400. Rollgangmaschine. Ansicht.

den Laufrädern noch 4 eiserne Rollen, welche sich in paralleler Richtung zum Gleise drehen und sehr leicht gelagert sind. Wenn daher der Ingotwagen plötzlich aufgehalten wird, wie dies z. B. der Fall ist, wenn er an einen Puffer vor der Walzenstrasse anstosst, so wird infolge der Trägheit der Ingot über die letzgenannten Rollen nach vorne in der Laufrichtung geschleudert und gleitet, da die Oberkante der Rollen mit der Zuführungsplatte des Walzwerkes gleich hoch ist, ohne berührt zu werden vom Ingotwagen auf die letztere Platte. Da die verschiedenen Teile sehr dem Hüttenstaub, eventuell auch der Feuchtigkeit und der strahlenden Wärme des Ingots ausgesetzt sind, so müssen die empfindlicheren gekapselt sein.

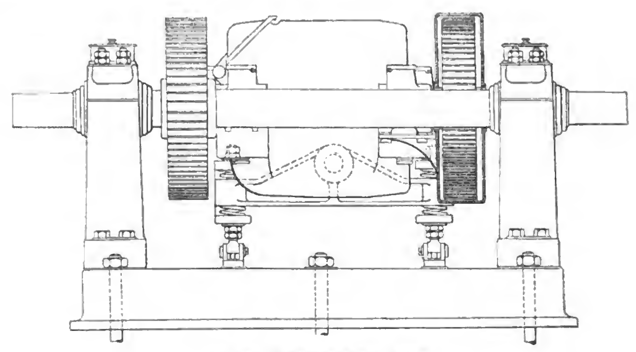


Fig. 401. Rollgangmaschine. Aufriss.

Fig. 402. Rollgangmaschine. Grundriss.

Weitaus wichtiger, als diese sehr spezielle Maschine sind die elektrisch betriebenen Rollgangsmaschinen, welche insbesondere von der Union sehr gut ausgebildet worden sind. Sie haben den Zweck, den Arbeitsmaschinen das zu verarbeitende Material, Blöcke, Träger, Schienen u. dergl. auf dem aus eisernen Platten bestehenden Hüttenfussboden zuzuführen, resp. dasselbe von den Maschinen abzuführen.

Ein Rollgang als solcher besteht aus einer Reihe von eisernen Rollen, welche in Schlitzen des eisernen Plattenbelages des Fussbodens, nur wenig aus dem letzteren hervorragend, parallel zu den Walzen angebracht sind; dieselben werden mittels Kegelrädern von einer in der

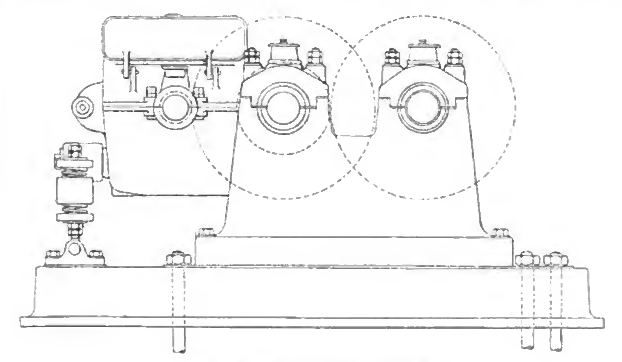


Fig. 403. Rollgangmaschine. Kreuzriss.

Bewegungsrichtung des Arbeitsstückes gelegenen, unterhalb des Fussbodens befindlichen Welle gleichzeitig und gleichmässig angetrieben. Diese Welle muss mehrere Bedingungen des Betriebes in exakter Weise erfüllen, und da die elektrischen Motoren den gleichen Anforderungen vollkommen gerecht werden, so wird mit der erwähnten Welle die eigentliche Rollgangsmaschine direkt verbunden (Fig. 400). Die Figur zeigt eine normale Rollgangsmaschine mit gekapseltem Gleichstrommotor von 60 eff. PS. mit zwei Vorgelegen, welche die hohe Tourenzahl des Motors auf 30 Touren an der zweiten Vorgelegswelle, welche mit der Rollgangswelle direkt gekuppelt wird, vermindern. Figuren 401, 402 und 403 sind Konstruktionsskizzen dieser Maschine.

Die Rollgangsmaschinen, zu deren Erläuterung auch noch die Fig. 404 und 405 dienen, werden in Grössen zwischen 12 und 90 effektiven PS. mit 15—65 Touren an der Rollgangswelle gebaut und ver-

meiden alle Riemenantriebe anderartiger Rollgangsmaschinen, da sie in der leichtesten Weise reversiert und angehalten sowie angelassen werden können.

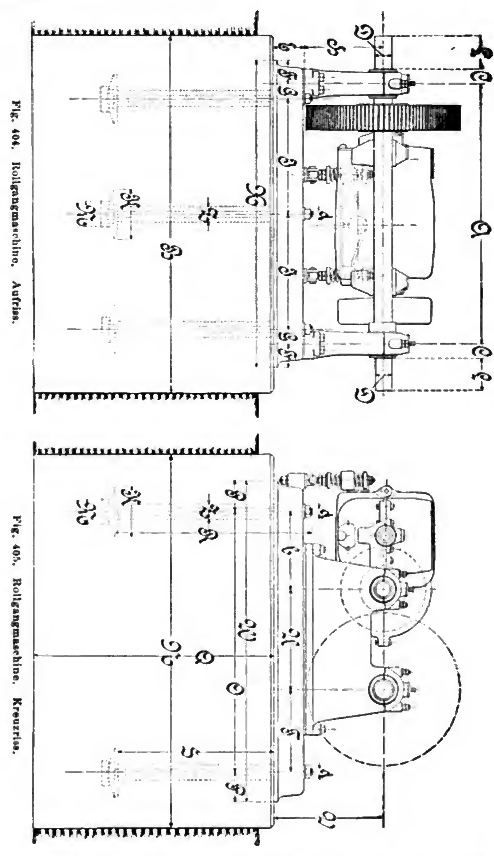


Fig. 404. Rollgangmaschine. Aufriss.

Fig. 405. Rollgangmaschine. Kreuzriss.

Bei Rollgängen für besonders schwere Blöcke werden 2 Motoren verwendet, welche sich durch hohe Regulierfähigkeit der Geschwindigkeit, Bremsung und bedeutende Leistung (bis 120 PS.) auszeichnen. Auch

ist ihr Anzugsmoment sehr bedeutend und die Energieverluste bei den verschiedenen Schaltungen, welche jenen der Trambahnmotoren ähnlich sind, sehr gering (Fig. 406). Es kann vorkommen, dass die Zeit zwischen 2 Reversierungen nur 5 Sekunden beträgt. Im Vergleich mit den früheren Dampfantrieben und Riemen-Reversierungen haben die elektrischen Rollgangsmaschinen die erheblichen Vorteile des Entfallens der langen, lästigen Dampfleitungen mit ihren Verlusten und Defekten, der Raschheit des Angehens und Abstellens ohne Riemengleiten und Abnutzung, und einer dadurch hervorgerufenen bedeutenden Betriebssicherheit.

Die Motoren sind mit aufklappbaren Kapselgehäusen versehen und gefedert aufgehängt. Der Kollektor ist gross dimensioniert und mit

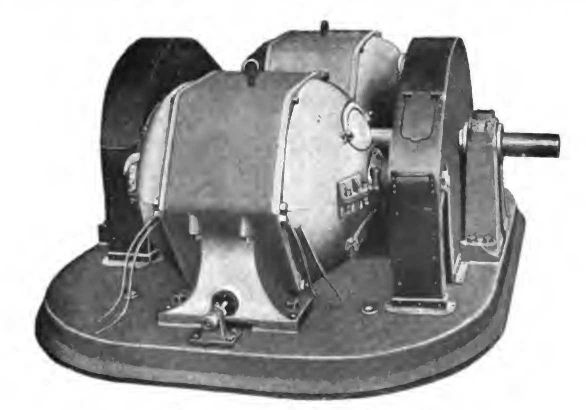


Fig. 406. Doppelmotor für Rollgangmaschine.

Kohlenbürsten versehen. Zum Antrieb werden Reversierkontroller, wie bei Kranen verwendet, und ist zur Sicherung der Motoren ein automatischer Maximalausschalter im Stromkreis vorhanden.

In ähnlicher Weise werden die Schlepperantriebe bewirkt und es kommen in beiden Fällen Gleichstrommotoren oder Drehstrommotoren vor. Die Vorteile der Disposition unter dem Fussboden und der geringe Raumbedarf braucht wohl nur kurzer Erwähnung (Fig. 407).

Eine interessante Anwendung der Elektrotecknik im Hüttenwesen ist der Betrieb von Gichtglockenaufzügen mit Hilfe von Elektromotoren. Bei einem doppelten Gichtverschluss z. B., wie ihn Fig. 408 darstellt, sind die Glocken mittels Ketten an zwei doppelarmigen Hebeln befestigt, welche ihren Drehpunkt auf einem über der Gicht befindlichen

Eisengerüst haben. Die entgegengesetzten Hebelenden sind mittels Seilen, welche über Rollen führen an zwei Apparate angeschlossen, welche die eigentlichen Aufzüge darstellen, mit Elektromotoren betrieben und durch Kontroller geregelt werden. Die Seile sind jedes an einer Schraubenmutter befestigt (Fig. 409), welche am Drehen verhindert ist und daher auf der Spindel des Aufzuges hin und her geht, je nachdem der Motor in der einen oder in der anderen Richtung gedreht wird. Ansichtsskizze Fig. 410 (Union).

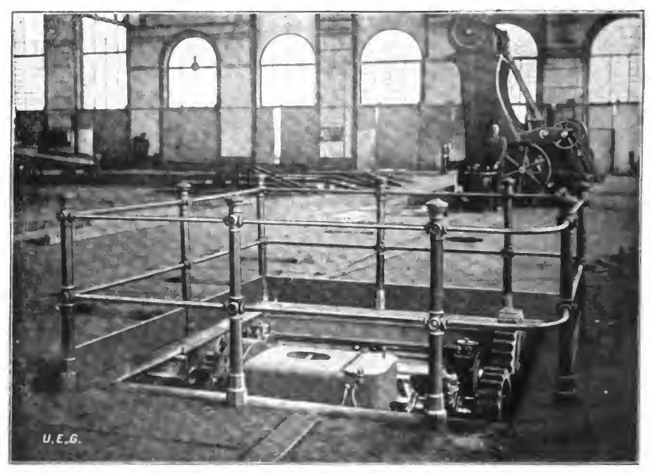


Fig. 407. Rollgang-Anlage.

Die beweglichen Teile des Apparates sind staub- und wasserdicht gekapselt, weil dieselben allen Witterungseinflüssen ausgesetzt sind und überdies an der Staubentwickelung durch den Betrieb stark leiden müssten.

Die geschilderte Schraubenmutter wird gleichzeitig als automatische Unterbrechung benutzt, indem sie mittels einer Nase zwei Ausschalter betätigen kann, von denen je einer an einem Ende ihrer Bahn angebracht ist. Da die Schraube sich bei geringer Geschwindigkeit der Mutter dennoch rasch drehen darf, ist eine direkte Kuppelung von Ankerwelle des Motors und Schraubenspindel möglich. Auf diese Weise wird bei diesen Aufzügen eine Geschwindigkeit der Seilmutter von 50 bis 200 mm pro Sekunde bei einem Seilzug von 1200 kg erzielt.

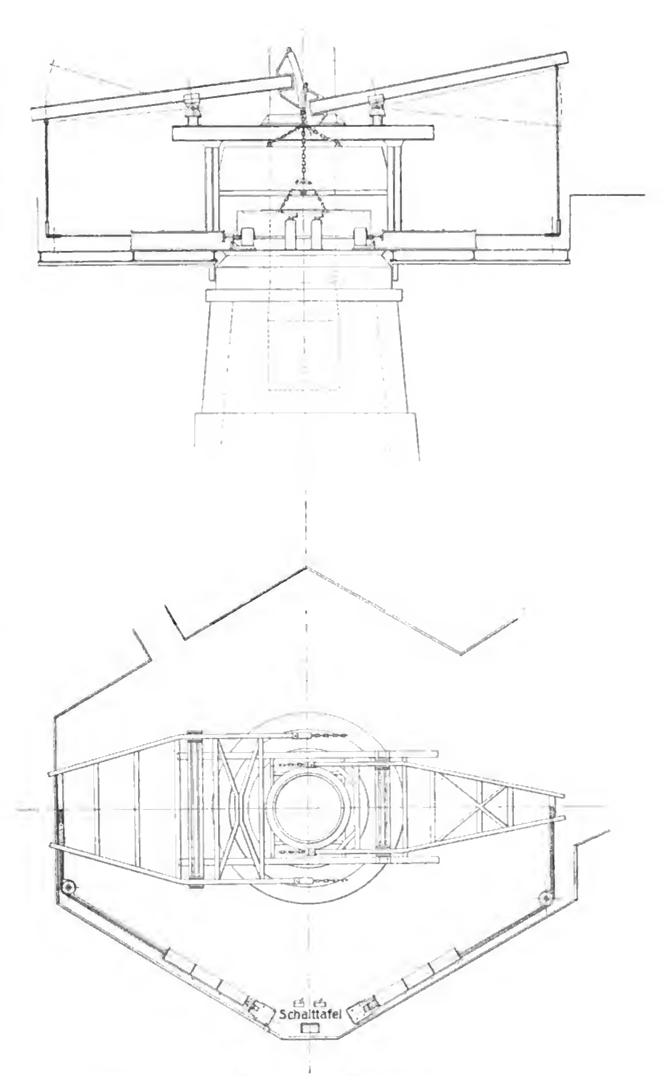


Fig. 408. Doppelter Gichtverschluss.

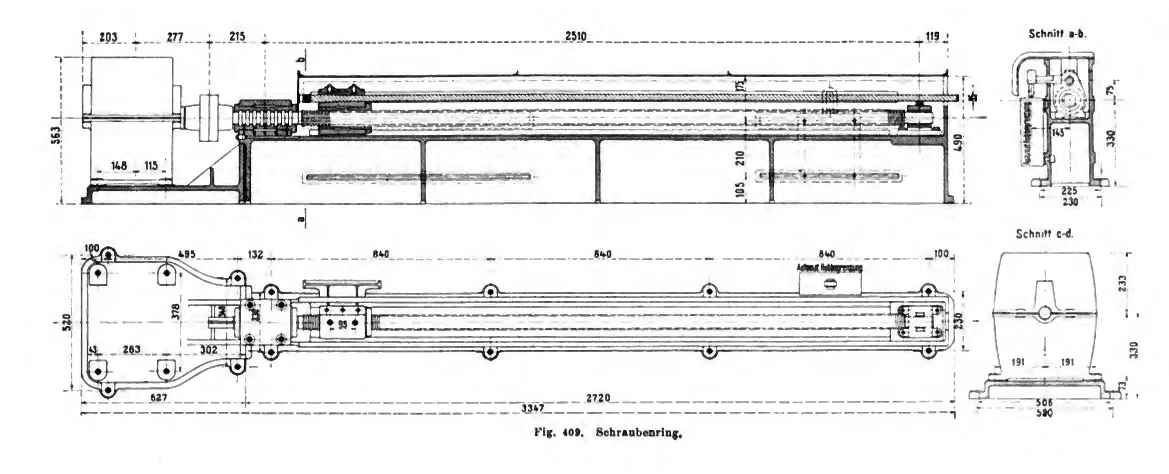


Fig. 409. Schraubenring.

Infolge der automatischen Ausschaltung des Elektromotors durch die Seilmutter ist es ermöglicht, den Aufzug unter der Aufsicht von ganz ungeschulten Leuten arbeiten zu lassen; man kann selbst alle Aufsicht vermeiden, wenn man, was ohne weiteres zulässig ist, die Betätigung der Gichtglocken dem Wärter des Gichtaufzuges in der Hütte überträgt.

Betriebssicherheit und Sparsamkeit sind bei diesen Maschinen sehr bedeutend und machen sie den Dampfaufzügen insbesondere wegen des vorteilhaften Unterschiedes der elektrischen Leitungen vor den Dampfleitungen und des geringeren Arbeits- d. i. Kohlen-Verbrauches weitaus überlegen.



Fig. 410. Gichtglockenaufzug. Ansicht.

Zehnter Abschnitt.

Elektromagnetische und elektrothermische Anwendungen im Hüttenbetrieb.

Während bei den bisher geschilderten Arten der Anwendung der Elektrotechnik im Berg- und Hüttenwesen ausschliesslich die Elektrizität als motorische Kraft zu betrachten ist, tritt sie in anderen Anwendungen mit ihren magnetisierenden und wärmeerzeugenden Eigenschaften

in Tätigkeit; und wenn auch nicht alle der zur Besprechung kommenden Verfahren und Methoden, einem hüttentechnischen oder sonstigen technologischen Problem mit Hilfe der Elektrizität beizukommen, sich dauernd einen Platz in der Praxis erhalten konnten, so bieten dieselben doch so viel Interessantes, dass es gerechtfertigt sein dürfte, in kurzer Behandlung auf einige derselben einzugehen.

Es möge zunächst eine Vorrichtung Erwähnung finden, welche dazu dient, auf elektromagnetischem Wege eiserne Gegenstände, z. B. Blöcke, Bleche, Träger u. dergl. mit einem Kran anzuheben. Fig. 411

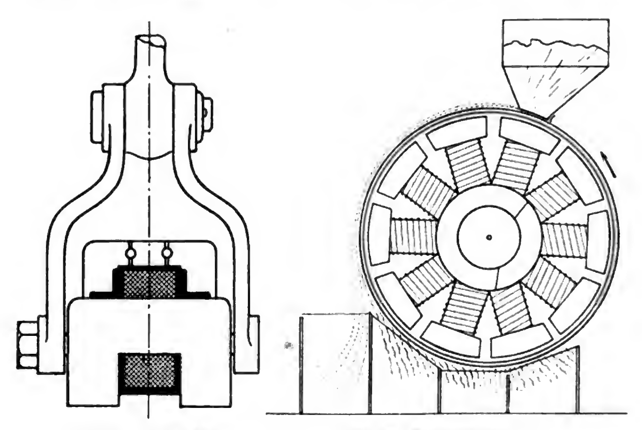


Fig. 411. Antrieb-Magnet. Fig. 412. Erzscheidtrommel.

zeigt eine Skizze von einem solchen Apparat, aus welcher erkennbar ist, dass der Kranhaken durch eine Gabel ersetzt ist, welche einen Elektromagnet trägt. Die Wickelung des letzteren wird durch Strom betätigt, der mittels Widerständen zu regeln ist und empirisch für alle vorkommenden Gewichte eingestellt werden kann. Die Wirkungsweise ist ohne weiteres erkennbar.

Eine praktische Anwendung des Elektromagnetismus zur Scheidung von Eisenerzen besteht darin, dass man (Fig. 412) eine Trommel aus Messingblech um ein System von Elektromagneten sich drehen lässt; oben wird die Trommel durch einen Schütttrichter mit dem zerkleinerten Material beschickt, und während des Vorbeidrehens an den Elektromagneten wird das Erz am Trommelumfang festgehalten, wäh-

rend das Taubgestein abfällt und in einen Kasten gelangt. Die minder reichen und reinen Erze werden nun weniger stark angezogen, als die reinen und reicheren, und fallen daher dem tauben Gestein zunächst ab, bis endlich auch die reinen Erze, welche von der Trommel am meisten weit mitgenommen werden, an jenem Punkt abfallen, wo die Magnetpole wegen Ausschaltens des Stromes wirkungslos werden.

Ein solcher Apparat von etwa 2 m Trommeldurchmesser und 1 m Breite soll in 24 Stunden kontinuierlichen Betriebes 48 Tonnen Mischprodukt geschieden und davon 18 Tonnen reines Erz ausgezogen haben.

Die Stärke der Magnetisierung und der Kraftbedarf richten sich nach dem Erzgehalt des Materials, nach der gewünschten Hältigkeit der sortierten Produkte und nach dem Grade der Zerkleinerung.

Magnetische Aufbereitung wird bereits in grösserem Stil seitens der Maschinenbauanstalt Humboldt (Kalk-Köln) ausgeführt, und es ist eine solche Anlage in Fig. 413 dargestellt.

Das diesbezügliche Verfahren „System Wetherill" beruht nach Angaben der Metallurgischen Gesellschaft, A.-G. Frankfurt a. M., in folgendem:

Während einerseits die nasse Aufbereitung der Erze nur bei der Trennung von Materialien in Frage kommt, welche verschiedenes spezifisches Gewicht haben, und während anderseits die oben geschilderte magnetische Aufbereitung nur bei Materialien mit Vorteil angewendet wird, welche durch Elektromagnete stark magnetisiert werden, eignet sich das Verfahren von J. P. Wetherill dazu, eine grosse Zahl von Mineralien, welche früher als unmagnetisch betrachtet wurden, nunmehr aber als schwach magnetische Körper zu bezeichnen sind, mit Hilfe eines magnetischen Feldes von enormer Stärke elektromagnetisch zu separieren.

Dass hiernach auch die stark magnetisierbaren Stoffe in einer viel vollkommeneren Weise zur Aufbereitung kommen können, als nach dem alten Verfahren, ist einleuchtend.

Das Verfahren findet daher Anwendung auf Zinkblende, Kupfererze, eisen- und manganhaltige Silikate, Spateisenstein, Galmei etc.

Je nachdem das magnetische oder das nichtmagnetische Produkt das Verkaufsprodukt überhaupt oder das wertvollere Verkaufsprodukt ist, muss eine Aenderung in der Disposition Platz greifen. Auch hängt diese von dem Grade der Zerkleinerung der Materialien und von der magnetischen Aufnahmsfähigkeit derselben ab.

Die Apparate haben die Eigentümlichkeit, dass die Magnetpole feststehen und dass in ihrem Felde eine sich drehende Walze die schwach



Fig. 418. Magnetische Aufbereitung.

magnetisierbaren Körper in Strahlen abwirft. Die Walzen sind von magnetischen Kräften vollständig entlastet, die Separatoren brauchen daher nur eine sehr geringe Betriebskraft. Dadurch, dass nicht ein, so

zu sagen, sanft verlaufendes Kraftlinienfeld von Magneten vorliegt, sondern dass sehr kräftige Magnete direkt magnetische Strahlen von sich aus zu blasen scheinen, wird es bewirkt, dass die von diesen magnetischen Strahlen erfassten Körper viel exakter von den übrigen geschieden werden, als dies bisher möglich war.

In einem Vortrag hat Ingenieur F. O. Schnelle einige massgebende Gesichtspunkte über diese Anwendung der elektrischen bezw. elektro-

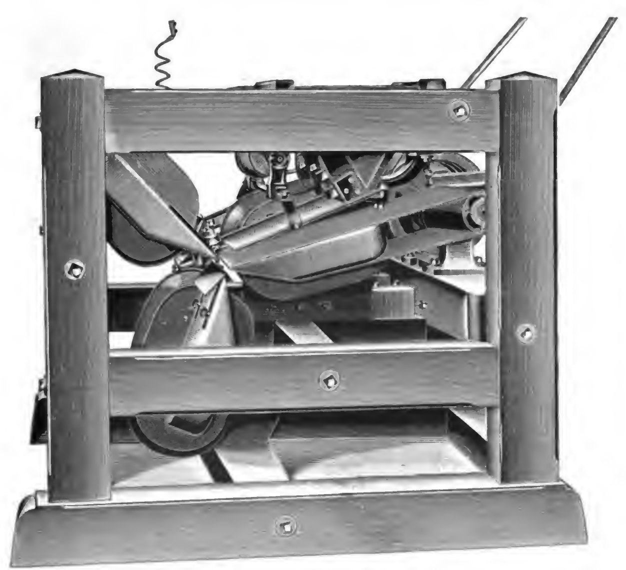


Fig. 414. Separator von Wetherill.

magnetischen Aufbereitung aufgestellt, auf welche wir im folgenden noch etwas näher eingehen wollen:

Wie bereits erwähnt, liegt der Kern der Sache darin, dass Magnete zur Verwendung kommen, deren Kraftlinienfelder sehr dicht sind. Es wird dies, abgesehen von der die Stärke bedingenden Erregung mittels einer hohen Zahl von Ampèrewindungen, durch Anwendung von sehr spitzen Polschuhformen erreicht.

Was also bei anderen elektromagnetischen Apparaten als nachteilig gilt, nämlich die magnetische Streuung, wird hier dem anderen Zweck entsprechend in gewissem Sinne ausgenützt.

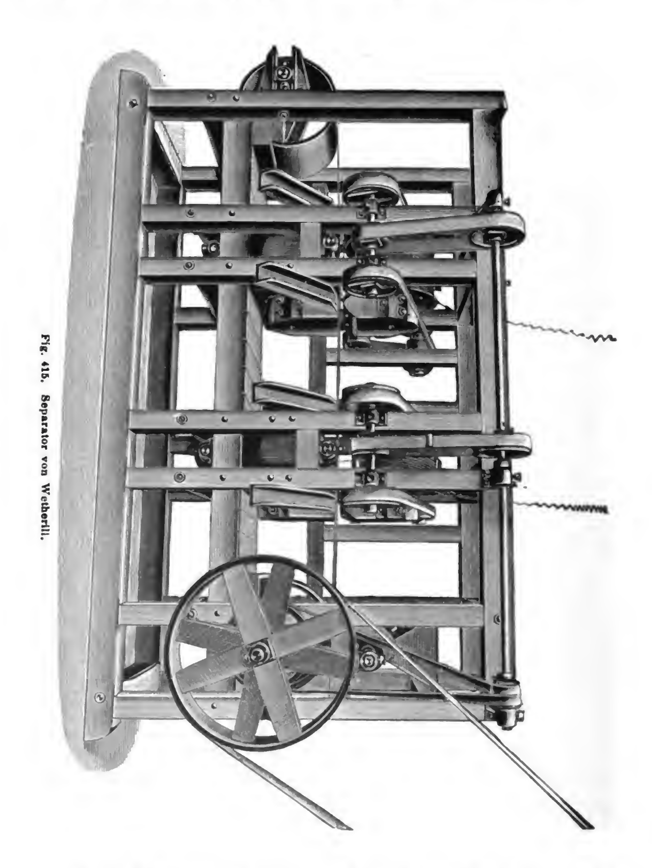


Fig. 415. Separator von Wetherill.

Als Bedingungen für die gewerbliche Anwendbarkeit eines Verfahrens stellt Ing. Schnelle die folgenden auf:

1. Kontinuierlichen Betrieb zum Zwecke einer hohen Scheideleistung.

2. Scharfe Trennung der Materialien nach ihrer Grösse, d. h. „reinliche Scheidung", mit Rücksicht auf den Grad der Verwachsung, bezw. des prozentuellen Gehaltes an verschiedenen Materialien bei gröberem Korn.

3. Grosses Güteverhältnis, d. h. geringer mechanischer und elektromagnetischer Kraftverbrauch im Verhältnis zur Leistung.

4. Einfache Wartung und geringe Abnützung.

Solche Separatoren von Wetherill zeigen die Figg. 414 und 415, an welch letzterem man die später zu erläuternden, durch die Polspitzen

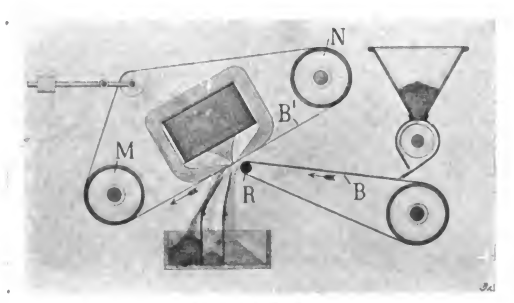


Fig. 416. Erzscheidung.

der Magnete hindurchgeführten Transportbänder und ihren Antrieb erkennen kann.

Eine Maschine zur Trennung von Spateisenstein und Zinkblende ist in Fig. 416 schematisch dargestellt. Ihr Prinzip ist, das Gut aus der Fallbahn abzulenken. Das Magnetsystem, welches die Scheidung bewirkt besteht aus drei Polspitzen bezw. Polkanten, von welchen die beiden seitlichen die gleiche, die mittlere die entgegengesetzte Polarität haben, und welche sehr nahe aneinander fast in einer Ebene angeordnet sind.

Die spitze Form der Pole befördert die Kraftliniendichte, die Anordnung verlängert das Kraftlinienfeld.

Das zu scheidende Erzgemisch wird in den Aufschütttrichter gebracht. Zum Zwecke der gleichmässigen Zufuhr wird es nicht aus dem Aufschütttrichter frei ausfallen gelassen, sondern mittels einer Speisewalze

kontinuierlich in entsprechend kleinen Mengen auf einem Zuführungsband ausgebreitet. Das Zuführungsband fördert das Erzgemisch in den Bereich des Magnetfeldes. Dort würde es zufolge des Laufes des Bandes um eine Walze von geringem Durchmesser kurz von dem Bande abfallen, wenn das Magnetfeld es nicht anziehen würde, und würde anderseits vom Magnet festgehalten, wenn nicht zwischen diesem und dem Zuführungsbande ein weiteres endloses Band, das Abzugsband, vorbeigezogen würde. Die Scheidung erfolgt in dem Augenblick, als das Material von dem einen Bande auf das andere überspringt, indem zunächst die unmagnetischen Teile abfallen. Die magnetischen Teile aber werden von dem Abzugsband mitgenommen und zwar um so weiter, je mehr sie magnetisch beeinflusst werden, d. h. je reicher sie an magnetisierbarem Erz sind. Man gewinnt daher leicht verschiedene Sorten des Gutes und kann durch entsprechende Stellung der Scheidewände die Zahl und Beschaffenheit derselben verändern. Das Mittelgut kann weiter zerkleinert und nochmals der Scheidung unterworfen werden.

Die Geschwindigkeiten der Bänder sind ziemlich gross, woraus auch eine grosse Leistung resultiert. Diese wird pro Zentimeter Bandbreite im Mittel mit 30 kg pro Stunde angegeben. An elektrischer Energie wird bei Separation des Spateisensteins von Blende pro Tonne Material etwa 1 Hektowattstunde verbraucht; die Bewegung der Bänder erfordert bei etwa 0,5 m Bandbreite ca. 0,1 PS.

Wenn es sich weniger um die Höhe des zu scheidenden Quantums, dagegen mehr um besonders scharfe Scheidung handelt, ist eine andere Anordnung der Wetherillmaschine angebracht, welche in Fig. 417 dargestellt ist. Sie wird mit dem Namen „Kreuzbandtype“ bezeichnet und beruht darauf, dass die magnetischen Teile eines Gemenges, welches auf einem horizontal bewegten Zuführungsband in den Apparat bezw. durch die Magnetfelder geführt wird, durch die letzteren vollständig aus dem Gemenge herausgehoben und an Abführungsbändern festgehalten werden, welche eine zu dem ersten Band senkrechte Bewegungsrichtung haben und das magnetische Material aus dem Bereiche des Magnetfeldes herausführen.

In der Figur sieht man das durch zwei Magnetfelder laufende Band, und jedem Magnetfeld entsprechend ein querverlaufendes Abführungsband. Zu bemerken ist, dass die beiden, von einander getrennten Elektromagnete mit ihren Polen übereinander angeordnet sind, derart, dass ungleichnamige Pole einander gegenüberstehen. Der obere Pol ist zugeschärft, der untere flach. Da die Kraftliniendichte also bei dem oberen Pol überwiegt, so werden die magnetischen Körper mehr von dem erwähnten Pole beeinflusst, als von dem unteren, wenn sie nicht

unmittelbar auf dem flachen Pol anliegen, sondern, wie hier durch die Riemendicke in einer bestimmten Entfernung vom flachen Pol gehalten werden. Es springen also die magnetischen Teilchen an die Kante des oberen Poles und werden vor einem Anhaften nur durch das Querband bewahrt, welches gegen das Transportband dünn ausgeführt ist. Von der Kante des oberen Poles ragt horizontal in der Bewegungsrichtung der Abführungsbänder ein hornartiger Ansatz über den Bereich des Zuführungsbandes heraus und verlängert auf diese Weise das obere Feld über die Breite des Bandes, um das Material sicher aus dem Bereich desselben zu bringen. Man kann an ein Zuführungsband eine ganze Reihe von Magnetpolen und Abführungsbändern bringen und auf diese Weise die Scheidung entsprechend oft wiederholen. Eine solche Maschine

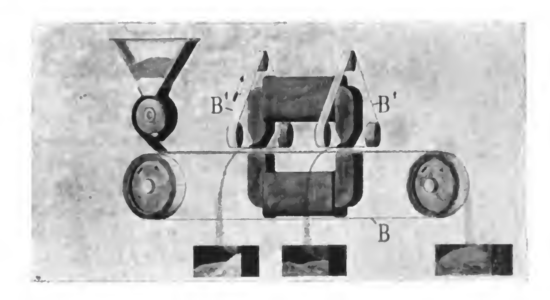


Fig. 417. Kreuzbandtype zur Erzscheidung.

mit 45 cm Polbreite soll 3—4000 kg Material pro Stunde verarbeiten, wobei dieselbe auch von ganz ungeschultem Personal bedient werden kann. Die Magnete müssen verhältnismässig stark sein.

Eine neuere Konstruktion nach dem erstgenannten Prinzip ist der W a l z e n a p p a r a t, so genannt, weil hier die Scheidung auf der Oberfläche drehender Walzen bewirkt wird. Ihr Bau erinnert an eine Gleichstrommaschine, da zwischen den beiden Magnetpolen eines Elektromagnetes eine eiserne Walze rotiert, in der die Kraftlinien verlaufen. Den Polen gegenüber haften die magnetischen Teilchen am stärksten an der Walze, es fallen daher von dort nur unmagnetische Teilchen ab. Bis zu der zwischen den Polen liegenden neutralen Zone nimmt die magnetisierende Wirkung der Walze stetig ab, um weiterhin zum anderen Pol ihr Vorzeichen zu verändern. Es fallen demnach auch die magnetischen Teilchen nach dem Grade ihrer Magnetisierung ab, und

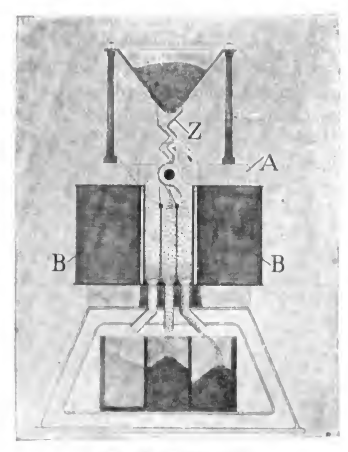


Fig. 418. Walzenapparat.

man kann durch Aufstellung mehrerer Scheidewände eine ziemlich hohe Zahl von Qualitäten erzielen. (Fig. 418.) Der magnetische Sättigungsgrad wird dadurch beeinflusst, dass der eine Pol in eine Schneide ausgeht, während der andere von einem Kreisbogen gebildet wird. Die Walze ist nicht homogen, sondern besteht aus aneinandergereihten Scheiben, welche abwechselnd aus magnetischem und aus unmagnetischem Material bestehen.

Die Walzentype ist auch mit einigen Modifikationen gut verwendbar, wenn es sich um die Scheidung magnetisierbarer Erze im nassen Zustand handelt.

Zur Verarbeitung von spathaltigem Blendeschwamm z. B. dient die in Fig. 419 abgebildete „Ringtype". Dieselbe ist jedoch erst am Beginn ihrer Einführung, weil die konzentrische Anlage und die Gleichförmigkeit einer allseitigen Materialzufuhr im Kreise schwierig zu lösende Probleme darstellen.

Dieser Apparat besteht aus einem kapselförmigen Magnet, der an einer vertikalen Achse befestigt ist und durch eine ringförmig angeordnete Drahtspule erregt wird; diese Spule erscheint demnach von dem Eisen des Magnetes vollkommen eingeschlossen und schliesst selbst den eigentlichen Magnetkern ein. Die magnetische Verbindung der beiden Kern-



Fig. 419. Ringmaschine.

enden wird demnach von einem kapselartigen Gehäuse gebildet. Die Permeabilität des letzteren für den magnetischen Strom ist aber nicht an allen Stellen die gleiche; es befindet sich vielmehr im Verlauf eines Kreisringes an dem unteren Rand der Kapsel eine bedeutende Verminderung der Materialdicke, welche die magnetischen Kraftlinien zwingt, aus dem Eisen in den umgebenden Luftraum zu treten. Dadurch entsteht ein Kraftliniengürtel, welcher nach oben und nach unten an Stärke abnimmt.

Das Material fliesst aus dem Schütttrichter auf einen Verteilungskegel und rollt über denselben gleichförmig ab, bis es durch den zwischen dem Kegel und dem äusseren Gehäuse gebildeten Schlitz und dessen unterer ringförmiger Einziehung in die nächste Nähe des Kraftliniengürtels kommt. Die unmagnetischen Bestandteile fallen auf einen Kreis von grösserem Durchmesser ab, die magnetischen werden konzentrisch mit demselben in einem inneren Trichter gezogen, wodurch ohne jeden Bewegungsmechanismus die Sortierung bewirkt wird. Diese Neuerung rührt von Ingenieur Schnelle her.

Was die auf Wärmeerzeugung des Stromes beruhenden Anwendungen desselben im Hüttenwesen anlangt, so sind zunächst sehr interessant die Versuche, Metallstücke zum Zwecke der weiteren hüttenmännischen Bearbeitung ins Glühen zu bringen, bei denen die erwärmenden Wirkungen des elektrischen Stromes ausgenützt werden. Wenn auch die neueste Zeit andere Verfahren hervorgebracht hat, welche die elektrischen zu überflügeln scheinen, so sind die letzteren doch für manche Fälle ganz gut verwendbar. Eines dieser Verfahren ist das Glühverfahren von Lagrange. In einer Zelle mit angesäuertem Wasser befindet sich eine Metallelektrode als Vermittlerin des Eintrittes des positiven Stromes. Als Elektrode für den negativen Strom wird jenes Metallstück verwendet, welches zum Glühen gebracht werden soll, und zwar wird dasselbe durch eine geeignete Hülse mit Schraube gesteckt, welche besseren Kontakt bietet. Nach kurzem Sromdurchgang wird das negative Metallstück, soweit es im Elektrolyt steht, weissglühend und kann herausgenommen und bearbeitet werden. Man kann diese Methode mit Vorteil zum Glühen der Nieten verwenden. Das Bad wird mit 100 Volt Gleichstrom betrieben und man kann die Glüherscheinung dadurch erklären, dass das Metallstück bei Stromdurchgang von einer Schichte Wasserstoff umgeben wird, welcher das Erglühen durch seinen Widerstand begünstigt. (Fig. 420.) Im Falle des Erhitzens von Nietköpfen wird ein eiserner Löcherrost oberhalb der Flüssigkeit angebracht, so dass die Nieten gerade so weit im Elektrolyt eintauchen, als sie weissglühend werden sollen. Die Regulierung kann je nach der Zahl und Grösse der zum Glühen zu bringenden Metallstücke mit Rheostaten beliebig erreicht werden.

Ein weiteres Verfahren, welches bei dem Zusammenschweissen von Blechrändern eiserner Fässer verwendet wurde, besteht in der Anwendung des elektrischen Lichtbogens. Man verbindet einerseits eine Kohlenspitze mit dem positiven Pol einer Stromquelle, anderseits zwei Hälften eines eisernen Fasses, welche durch Pressen hergestellt worden sind, an ihren Rändern aneinandergedrückt, mit dem negativen Pol derselben Stromquelle. Wenn man dann die positive Kohlenspitze der Stossfuge entsprechend nähert, so springt zwischen Kohlenspitze und den Fassteilen ein Funke über, der sich zum Lichtbogen verstärkt und die Ränder der Halbfässer zur Schweisshitze bringt; auf diese Weise können die beiden Fasshälften mit oder ohne Zulage eines entsprechend geformten Metallstreifens aneinander geschweisst werden. Dies ist das Verfahren Bernardos.

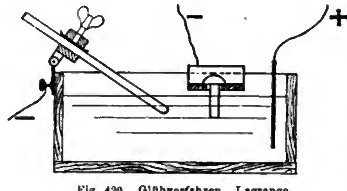
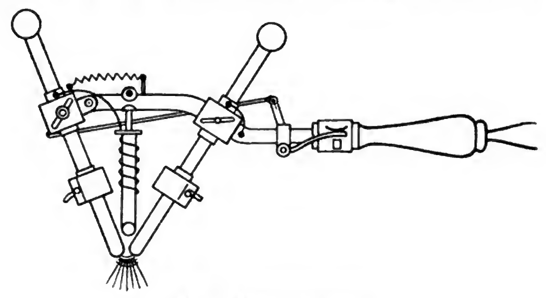


Fig. 420. Glühverfahren. Lagrange.

Verlässlicher und besser anwendbar ist das Lötverfahren von Zerener, weil bei demselben das Arbeitsstück selbst nicht in den Strom eingeschaltet zu werden braucht, sondern mittels eines Lichtbogens zur Weissglut gebracht wird, welcher zwischen zwei Kohlenspitzen überspringt und durch einen Elektromagnet gegen die Arbeitsstelle geblasen wird. Dieses Lötverfahren wird mit Strom von 60—65 Volt und 3—250 Amp. betrieben, und es sind die Kohlenträger ähnlich einem Lötkolben ausgeführt (Fig. 421) oder aber auf einem kleinen Rollwagen angebracht. Speziell der Lötkolben benötigt eine Spannung


Fig. 421. Zerener Lötverfahren.

von 65 Volt und eine Stromstärke zwischen 18 und 50 Ampère. Die Wirkungsweise desselben ist leicht verständlich; der Gelenkmechanismus, welcher mit dem Daumen der rechten Hand durch einen vom Griff getrennten Drücker betätigt wird, dient zur Bildung des Lichtbogens.

Zu diesem Verfahren eignet sich sowohl Gleich- als Wechselstrom, doch ist letzterer vorzuziehen, da einerseits die Kohlenspitzen gleichmässiger und in der Axe des Blasmagnetes abbrennen, anderseits der Wechselstrom leicht von hoher Spannung auf die erforderliche Arbeitsspannung transformiert werden kann.

Ein Verfahren zum Schweissen von Kettengliedern hat in der Praxis noch zu wenig Eingang gefunden, wird dies auch wohl voraussichtlich nicht so bald erreichen. Es wurde mit zwei Volt Spannung betrieben und erfordert für Schmiedeeisen eine Stromstärke von 15 Amp. pro mm^2 stumpf gestossener Querschnitte. Es beruht im wesentlichen auf einer heftigen lokalen Erhitzung der Stossenden eines offenen Kettenglieds, unter gleichzeitiger Zusammenpressung desselben.

Hinsichtlich des elektrischen Schweissens sind somit zwei Methoden zu unterscheiden, nämlich jene mittels direkten oder geblasenen Lichtbogens und jene, welche auf der unmittelbaren Erwärmung eines Metallstückes bei Durchgang einer genügenden Stromstärke beruht.

Das erstere System ist bei weitem das weniger ökonomische, weil von der im Lichtbogen in Wärme umgesetzten elektrischen Energie nur ein sehr geringer Bruchteil wirklich an der Löt- bezw. Schweissstelle nutzbar verwendet werden kann. Das letztere System dagegen nützt möglichst viel von der verbrauchten Stromenergie als Wärme an dem gewünschten Platze aus. Das System des Lichtbogens eignet sich daher nur für Fälle, wo es auf die Gestehungskosten nicht ankommt, sei es dass dieselben geringe sind, sei es, dass sie gegenüber den erzielbaren, anderweitig nicht herbeizuführenden Vorteilen nicht ins Gewicht fallen. So wird man z. B. bei Stromerzeugung durch Wasserkraft in Zeiten der Minderbenützung der Anlage billig eine Schweissung mit Lichtbogen vornehmen; auch wird der Wertzuwachs oder die vollkommenere Benützbarkeit eines Gussstückes es rechtfertigen, etwaige Gussfehler mittels Lichtbogens zu beseitigen; endlich können Fälle vorkommen, wo bei komplizierten Formen von Maschinenbestandteilen, Kesselböden u. dgl. andere technologische Bearbeitungsmethoden versagen, während der Lichtbogen den betreffenden Zwecken voll entspricht.

Bei der Schweissung mit Lichtbogen verwendet man Gleichstrom; wenn das Schweissstück überhaupt in den Stromkreis eingeschaltet wird, und man nicht gleichsam einen Lötkolben mit Lichtbogen und Blase-

vorrichtung verwendet, der natürlich beide Pole enthält, so dient in der Regel das Schweissstück als positiver Pol.

Die Schweissung durch den direkten Strom wird kurz „Widerstandsschweissung“ genannt, weil der elektrische Widerstand des Arbeitsstückes die Erwärmung durch den Strom und die schliessliche Schweissung verursacht. Abgesehen von der Wärmeausstrahlung und einer geringen Ableitung kommt hier der ganze Betrag der Stromenergie zur Geltung. Die erzeugte Wärme kann hierbei auch gut an der Schweissstelle konzentriert werden. Man hat zu beachten, dass hierbei mit enormen Stromstärken und sehr niedrigen Spannungen gearbeitet wird; deshalb dürfen auch die Zuleitungen keine grosse Länge und keine geringen Querschnitte besitzen, weil sonst sofort ein erheblicher Teil der Energie in denselben verloren geht.

Es kommen Spannungen zwischen 0,5—3 Volt vor, je nach dem spezifischen Leitungswiderstand und dem Querschnitt des Schweissstückes und nach der Zeit, die für die Schweissung verbraucht werden soll.

Da nun die Stromstärken bei dem Schweissvorgang zwischen Null und dem oft mehrere Tausende Ampère betragenden Maximum rasch schwanken, so eignet sich für diese Methode Gleichstrom weniger, weil die Kollektoren und Bürsten der Generatoren den Stromschwankungen nicht Widerstand leisten können. Auch tritt die merkwürdige Erscheinung auf, welche mit den Wärmeverhältnissen im Lichtbogen analog sein dürfte, dass die aneinanderzuschweissenden Enden bei Gleichstrom sich ungleich erwärmen, demnach keine ganz homogene Schweissung gestatten, ausser man treibt die Temperatur der kühleren Stelle hoch genug. Die Transformierung des Wechselstromes bietet auch in der einfachsten und verlässlichsten Weise die Möglichkeit, niedrige Spannungen und hohe Stromstärken zu erzeugen. Deshalb wird zur Widerstandsschweissung Wechselstrom verwendet.

Der Wechselstrom bietet auch die Möglichkeit einer guten und exakten Regulierung, ohne wesentliche Verluste. Diese kann durch Einschalten einer regulierbaren Drosselspule bewirkt werden, oder man wählt hierzu induktionsfreie Widerstände. Helberger-München ändert die Zahl der Primärwindungen, wodurch jeder Kraftverlust ausgeschlossen werden kann.

Die Dauer des Schweissprozesses wächst mit zunehmendem Querschnitt. Für alle Fälle lässt sich ein günstigstes Verhältnis zwischen aufgewendeter Energie und Zeit ermitteln, da dieselben nicht notwendig umgekehrt proportional sein müssen; denn ebensowenig, als eine geringe Energie trotz längster Schweissdauer eine gute Schweissung bewirkt, kann eine zu grosse Energiemenge brauchbar sein, weil durch die letztere ein plötzliches Abbrennen der Schweissstelle bewirkt werden könnte.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Stromdichte mit zunehmendem Querschnitt abnimmt, während der Wattstundenverbrauch pro mm² mit dem Querschnitt wächst.

Ueber den Arbeitsbedarf gibt folgende Aufstellung von H. Helberger Aufschluss.

Stärke des Materials .	2—4 mm	11—14 mm	23—26 mm
Geleistete Stück p. 1 Min.	15	8—5	2—1
Kilowatt p. 100 St. . .	0,05—0,18	2,1—3,8	16—22,5
Pferdestärken	1—3	21	35.

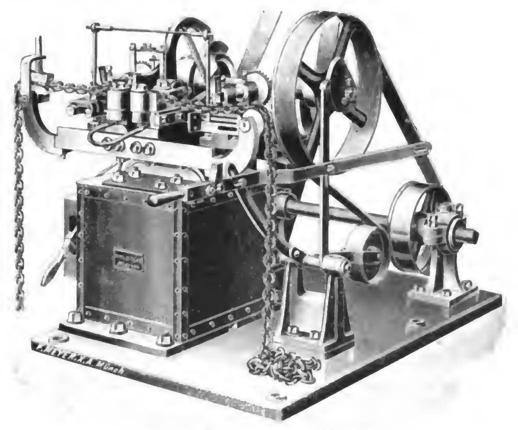


Fig. 422. Schweissmaschine. Helberger.

Schweissmaschinen, welche die erwähnten Grundsätze verwerten, werden von der Firma Hugo Helberger in München gebaut. Die Transformatoren hierfür sind ganz besonders konstruiert; ihre primären Wickelungen sind zur Aufnahme von Strom der üblichen Spannungen aus Leitungsnetzen oder Primärdynamos geeignet, die Sekundärwickelung ist aber so kurz und kräftig als möglich gehalten und der Transformator gleich als Sockel für die Schweissmaschine ausgebildet, dass zufolge des Wegfallens weiterer Verbindungsleitungen keine nennenswerten Energieverluste in der sekundären Wickelung eintreten.

Die Schweissmaschinen werden für alle möglichen Zwecke ausgeführt, als Rohrschweissmaschinen, Reifenschweissmaschinen, Kettenschweissmaschinen u. dgl. Fig. 422 zeigt eine Maschine der letzteren Art der erwähnten Firma H. Helberger.

Hinsichtlich der Leistungsfähigkeit einer solchen Maschine sei erwähnt, dass sie in einer Minute 20 Glieder von 30 mm Materialdicke zu schweissen im stande ist.

Bei der Verwendung einer und derselben Schweissmaschine auf verschiedene Querschnitte und Materialien, sowie bei der Anwendung derselben zum Löten, muss die Stromstärke regulierbar sein. Wird der Strom für die Maschine aus einem bestehenden Netz entnommen, so schaltet man eine regulierbare Drosselspule ein. Bei einem Netz, welches auch anderen Zwecken dient, kann man Drosselspulen nicht ohne weiteres einschalten, daher werden entweder induktionsfreie Vorschaltwiderstände oder regulierbare Primärwindungszahlen angewendet.

Als weitaus vollkommener, weil für vielerlei Zwecke verwendbar, ist die Universalschweissmaschine derselben Firma zu betrachten. Dieselbe besteht darin, dass bei Beibehaltung aller grundlegenden Teile die speziellen Schweissapparate an der Maschine auswechselbar eingerichtet wurden. Man kann daher mit dieser einen Maschine Flacheisen, Rundeisen, kurz Eisen aller möglichen Formen aneinanderschweissen, kann Stahl und Kupfer behandeln und kann schliesslich die Schweissung im glatten Stoss oder in beliebigen Winkeln bewirken. Auch Rohre, Reifen u. dgl. sind in einfachster Weise schweissbar, desgleichen Fässer, Hohlgefässe, Bestandteile von Fahrrädern, Uhren u. dgl.

Versuche, Eisenstäbe durch den Durchgang von Strom ohne Bad zum Glühen zu bringen, haben zwar technisch brauchbare, kommerziell aber noch nicht verwendbare Resultate geliefert, von denen einige im Folgenden ersichtlich gemacht sind:

Ein Stab von Eisen, 1 m lang, 80 mm Durchmesser konnte unter Anwendung von 36 PS. elektrisch in 10 Minuten zur Weissglut gebracht werden. Die erforderlichen sechs Pferdestärkenstunden würden einen Kohlenaufwand von 18 kg bei 3 kg pro PS. und Stunde verursacht haben.

Ein Eisenstab von 220 mm Länge, 20×20 mm Querschnitt, wurde mit 41 PS. in einer Minute ganz durchschmolzen.

Ein Stab von Werkzeugstahl, 300 mm lang, 22 mm Durchmesser, wurde in einer Minute mit 38 PS. zur Schmiedehitze gebracht; Arbeitsbedarf $\cong$ 0,6 PStd. à 3 kg Kohle = 1,8 kg Kohle.

Ein Stück Bessemerstahl, 450 mm lang, 6 mm dick und 25 mm breit, kam mit 41 PS. in einer Minute zur Schmiedehitze.

Ein Stück des gleichen Materials, 320 mm lang, 25×25 mm Querschnitt, wurde mit 43 PS. in $2^1/_2$ Minuten weissglühend.

Um das Glühen von Draht zwischen zwei Zugvorgängen im getrennten Ofen zu vermeiden, wurde der Versuch gemacht, denselben während des Ziehens zum Glühen zu bringen, indem man ihn über

Rollen führt, welche Strom durch ein Stück des Drahtes leiten. Die Versuche fielen ganz zufriedenstellend aus, wurden aber praktisch nicht weiter verwertet.

Man hat auch den Versuch gemacht, die Undichtheiten in den Gussköpfen von Gusseisen und Gussstahl dadurch zu beseitigen, dass man die oberen Schichten mit Hilfe des elektrischen Stromes länger dünnflüssig erhielt, damit die Luft- und Gasblasen besser entweichen können, als dies die, wenn auch allmählich, so doch viel rascher wie der Kern erstarrende Oberfläche normal zulässt. Wenn auch die Ergebnisse günstig waren, so spielt neben den anderen Mitteln, dieses Ziel zu erreichen, doch der Kostenpunkt eine grosse Rolle, und es ist nicht bekannt, dass sich diese Methode, welche aus Fig. 423 ohne weiteres erkennbar ist, weiter eingebürgert hat.

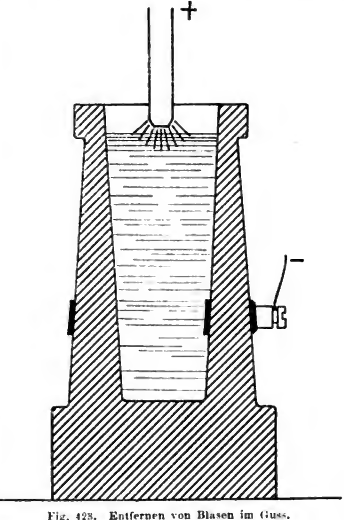
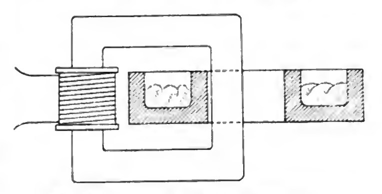


Fig. 423. Entfernen von Blasen im Guss.

Eine geradezu genial zu nennende Idee, Metall zum Schmelzen zu bringen, rührt von Thompson her und soll in Gysinge (Schweden) in grösserem Mass angewendet werden; ihre Durchführung ist aber nur mit Wechselstrom möglich, was bei dem jetzt eingeleiteten Ueberhandnehmen dieser Stromart übrigens kein Nachteil sein dürfte. Das Prinzip ist (Fig. 424), dass eine Primärwickelung eines Transformators an ein Wechselstromnetz geschaltet wird, und dass an Stelle einer Sekundärwickelung eine feuerfeste Wanne gebracht wird, welche das zu schmelzende Material aufnimmt. Bei


Fig. 424. Schmelzen nach System Thomson.

entsprechender Disposition und Verteilung des letzteren wird nach und nach der Strom in dieser, einen einzigen Ring darstellenden Sekundärwindung eine so bedeutende Höhe annehmen, dass das Material zum Schmelzen kommen muss.

Es soll möglich sein, per 1 eff. Kilowatt in 24 Stunden 53 kg Stahl zu erzeugen. Ein Ofen braucht ca. 50 Amp. bei 3000 Volt primär und setzt diese Energie in ca. 30000 Amp. und 5 Volt um.

Die Schmelzverfahren zur Gewinnung von Metallen und Karbid, sowie die nassen Verfahren zur Ausscheidung von Metallen aus den Rückständen gehen über den Rahmen dieses Buches hinaus und sollen daher hier keine Behandlung erfahren.

Sachregister.

Ahrens, Prof. Dr. F. B., Handbuch der Elektrochemie.

Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage. Mit 293 in den Text gedruckten Abbildungen. gr. 8°. 1903. geh. M. 15.—; in Leinwand gebunden M. 16.20.

Arnold, Prof. E., Konstruktionstafeln für den Dynamobau.

I. Teil. Vierte vollständig umgearbeitete Auflage. **Gleichstrom-Maschinen.** 60 Tafeln. Gross-Quartformat in Mappe. 1902. — II. Teil. Zweite vollständig umgearbeitete Auflage. **Wechselstrom-Maschinen.** Umformer, Motoren und Transformatoren. 60 Tafeln. Gross-Quartformat in Mappe. 1902. Preis eines Teiles M. 20.40.

Balling, Prof. Dr. C. A. M., Grundriss der Elektrometallurgie.

Mit 40 Holzschnitten. gr. 8°. 1888. geh. M. 4.—.

Corsepius, Dr. M., Die elektrischen Bahnen. Mit 89 in den Text gedruckten Figuren und 7 Tafeln. gr. 8°. 1900. geh. M. 7.—.

Drude, Prof. Dr. Paul, Physik des Aethers auf elektromagnetischer Grundlage. Mit 66 Abbildungen. gr. 8°. 1894. geh. M. 14.—.

Gerland, Prof. Dr. E., Lehrbuch der Elektrotechnik.

Mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendungen im Bergbau. Mit 442 Textabbildungen. gr. 8°. 1903. geh. M. 14.—; in Leinwand gebunden M. 15.20.

Grunmach, Prof. Dr. L., Lehrbuch der magnetischen und elektrischen Masseinheiten, Messmethoden und Messapparate. Mit 342 Figuren im Text. gr. 8°. 1895. geh. M. 16.—.

Handbuch der elektrotechnischen Praxis.

Herausgegeben von **Arthur Wilke,** Oberingenieur. Erster Band: **Die Massenfabrikation der elektrischen Präzisionsapparate.** Bearbeitet von Carl Schücke, Werkstattdirektor. Mit 325 in den Text gedruckten Abbildungen. gr. 8°. 1903. geh. M. 9.—; in Leinwand geb. M. 10.— Zweiter Band: **Einrichtung und Betrieb elektrotechnischer Fabriken.** Bearbeitet von Prof. Dr. F. Niethammer. Mit 378 in den Text gedruckten Abbildungen. gr. 8°. 1904. geh. M. 14.—; geb. M. 15.—.

☛ **Das Handbuch erscheint in etwa 8—10 Bänden à 15—20 Druckbogen. Jeder Band enthält ein abgeschlossenes Gebiet und ist einzeln käuflich.**

Kayser, Prof. Dr. H., Lehrbuch der Physik für Studierende.

Dritte verbesserte Auflage. Mit 336 Abbildungen. gr. 8°. 1900. geh. M. 11.—; in Leinwand geb. M. 12.20.

Kohlfürst, Ludwig, Die selbsttätige Zugdeckung auf Strassen-, Leicht- und Vollbahnen. Mit 220 in den Text gedruckten Abbildungen. gr. 8°. 1903. geh. M. 10.—.

Maier, Dr. J. und Preece, W. H., Das Telephon und dessen praktische Verwendung. Mit 304 Holzschnitten. 8°. 1889. geh. M. 9.—.

Niethammer, Prof. Dr. F., Elektrotechnisches Praktikum. Für Ingenieure und Studierende. Mit 523 Abbildungen. gr. 8°. 1902. geh. M. 9.—; elegant in Leinwand geb. M. 10.—.

Niethammer, Prof. Dr. F., Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen, Apparate und Anlagen für Studierende und Ingenieure. Fünf Bände. Erster Band: **Berechnung und Konstruktion der Gleichstrommaschinen und Gleichstrommotoren.** Mit 763 Textabbildungen. gr. 8°. 1904. geh. M. 16.—; in Leinwand geb. M. 17.60. (Dritter Band: **Schalttafeln, Apparate und Leitungen** erscheint demnächst.)

Roloff, Dr. M. und Berkitz, P., Leitfaden für das elektrotechnische und elektrochemische Seminar. Für Studierende der Elektrotechnik, Physik, Mathematik, physikalischen und Elektrochemie, Maschinenbaukunde, sowie für den in der Praxis stehenden Ingenieur und Chemiker. Mit 75 Figuren. 8°. 1904. geh. M. 6.—; in Leinwand geb. M. 7.—.

Schoop, Dr. P., Handbuch der elektrischen Accumulatoren. Auf Grundlage der Erfahrung und mit besonderer Berücksichtigung der technischen Herstellung. Mit 193 Abbildungen. 8°. 1898. geh. M. 12.—.

Traube, Prof. Dr. J., Grundriss der physikalischen Chemie. Mit 24 Abbildungen. gr. 8°. 1904. geh. M. 9.—; in Leinwand geb. M. 10.—.

Vogel, Prof. Dr. F. und Rössing, Prof. Dr. A., Handbuch der Elektrochemie und Elektrometallurgie. Mit 66 Abbildungen. gr. 8°. 1891. geh. M. 8.—.

Wallentin, Prof. Dr. J. G., Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Mit besonderer Berücksichtigung der neueren Anschauungen über elektrische Energieverhältnisse und unter Darstellung der den Anwendungen in der Elektrotechnik zu Grunde liegenden Prinzipien. Mit 230 in den Text aufgenommenen Holzschnitten. gr. 8°. 1897. geh. M. 8.—.

Sammlung elektrotechnischer Vorträge.

Vierter Band. (12 Hefte im Abonnement M. 12—, einzeln M. 1.20.)

1: **Der Wechselstrom-Serien-Motor.** Von Julius Heubach, Chefelektriker. Mit 35 Abbildungen. — 2: **Die neueren Forschungen über Ionen und Elektronen.** Von Prof. Dr. Gustav Mie. Mit 4 Abbildungen. — 3: **Das Leitvermögen von gepressten Pulvern.** (Kohlenstoff und Metallverbindungen.) Von Prof. Dr. Franz Streintz. Mit 8 Abbildungen. — 4/6: **Das Kreisdiagramm des Drehstrommotors und seine Anwendung auf die Kaskadenschaltung.** Von Dr. Max Breslauer. Mit 24 Figuren und 2 Tabellen. — 7: **Ueber einige Anwendungen des Elektrometers bei Wechselstrommessungen.** Von Dipl.-Ing. Karl Hohage. Mit 11 Abbildungen. — 8: **Ueber Kommutierungsvorgänge und zusätzliche Bürstenverluste.** Von Dr.-Ing. Adolf Railing. Mit 43 Abbildungen. — 9/10: **Kritische Betrachtungen über die von den fahrenden Eisenbahnzügen unmittelbar tätig zu machenden Stromschalter.** Von Oberingenieur L. Kohlfürst. Mit 48 Abbildungen. — 11/12: **Ueber deformierte Wechselströme mit besonderer Berücksichtigung eisengeschlossener Apparate.** Von Dipl.-Ing. Heinrich Hinden. Mit 16 Abbildungen und 3 Tafeln im Text. **Ueber wahre und scheinbare Abweichungen vom Ohmschen Gesetz.** Von Dr. Erich Marx. Mit 3 Abbildungen.

Fünfter Band. (12 Hefte im Abonnement M. 12.—, einzeln M. 1.20.)

1/4: **Die Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie.** Von Ingenieur Adolf Prasch. Mit 148 Abbildungen. — 5: **Das Nutenfeld in Zahnarmaturen und die Wirbelstromverluste in massiven Armaturkupferleitern.** Von S. Ottenstein. Mit 42 Abbildungen. — 6: **Ein Beitrag zur Kenntnis der Diffusionsvorgänge an Akkumulatorelektroden.** Von Ingenieur M. U. Schoop. Mit 13 Abbildungen. — 7/8: **Der Einfluss der Kurvenform auf die Wirkungsweise des Synchronmotors.** Von Dr.-Ing. Leopold Bloch. Mit 34 Abbildungen. — 9/10: **Die experimentelle Untersuchung der Kommutationsvorgänge in Gleichstrommaschinen.** Von Assistent Karl Czeija. Mit 31 Abbildungen. — 11/12: **Experimentelle Untersuchungen am polycyklischen Stromverteilungssystem Arnold-Bragstad-la-Cour.** Von Dipl.-Ing. F. Marguerre. Mit 37 Abbildungen. — **Zur Theorie des Elektrophors.** Von Paul Berkitz.

Sechster Band. (12 Hefte im Abonnement M. 12.—, einzeln M. 1.20.)

1: **Theorie der kompensierten Asynchronmaschine.** Von Chef-Ing. Julius Heubach. Mit 28 Abbildungen. — 2: **G. Schreibers neueste elektrische Zugsicherungseinrichtung.** Von L. Kohlfürst. Mit 12 Abbildungen. — 3/4: **Der Kaskadenumformer. Seine Theorie, Berechnung, Konstruktion und Arbeitsweise.** Von E. Arnold und J. L. la Cour. Mit 38 Abbildungen. — 5/8: **Die Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie. II.** Von Ingenieur Adolf Prasch. Mit 92 Abbildungen. — 9: **Analytische und graphische Methoden zur Berechnung des Stromverbrauchs elektrischer Bahnen.** Von Dipl.-Ing. K. A. Schreiber. Mit 15 Abbildungen und 3 Tafeln.

